



COLLEZIONE

DELL' OPERE

DEL CAVALIERE

CONTE ALESSANDRO VOLTA

PATRIZIO COMASCO

Membro dell' Istituto Reale del Regno Lombardo Veneto, Professore Emerito dell' Università di Pavia, e Socio delle più illustri Accademie d' Europa.

TOMO I. PARTE II.



FIRENZE

NELLA STAMPERIA DI GUGLIELMO PIATTI

MDCCCXVI.

DELLA
METEOROLOGIA ELETTRICA



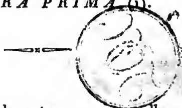
LETTERE IX

DIRETTE AL PROFESSORE

LICHTENBERG DI GOTTINGA

METEOROLOGIA ELETTRICA

LETTERA PRIMA (1).



Dopo aver fatta la vostra conoscenza nella maniera la più intima, dopo aver passati con tanta sodisfazione giorni intieri in vostra compagnia, dopo esserci promessa una regolare corrispondenza per comunicarci scambievolmente le nostre esperienze, e le nostre idee sui differenti rami di Fisica; dopo tutto ciò sarebbesi creduto mai, che dal momento che io lasciai Gottinga, le nostre conferenze dovessero rimanere interrotte, e avessero a scorrere tre anni in un perfetto silenzio d'amendue le parti? Eppure ecco ciò che avvenne, senza fallo per mia, ma fors'anco per vostra colpa, mio caro Signore. Ardisco però di dire, che voi meritate più rimproveri di me: imperocchè avrete sicuramente raccolte in tutto questo tempo notizie, e scoperte più

(1) Estratta dalla Biblioteca Fisica d'Europa, del Sig. L. Brugnatelli. Vol. I. pag. 73.

di quello che io non ho potuto, e voi medesimo ne avrete fatte di queste, di maniera che non saravvi permesso di addurre la ragione che allegherò io per mia difesa, cioè a dire la mancanza di materia. Non so per qual ragione egli è avvenuto, ch'io mi sia pochissimo applicato in questo intervallo di tempo a nuove ricerche, e non abbia fatto quasi altro che riandare quelle che da lungo tempo aveva intraprese, affine di perfezionarle viepiù: quindi è che ho moltiplicate le sperienze *eudiometriche*, e le altre analoghe col mio apparato ad aria infiammabile.

Voi conoscete già all'ingrosso quest'apparato, che ho immaginato subito dopo avere scoperto il modo d'accendere con una piccola scintilla elettrica, in recipienti chiusi, differenti miscugli d'aria infiammabile, e d'aria respirabile (1). Ma voi non avete veduto, nè tampoco vi ho io bene spiegato nelle nostre conferenze tutto quello che ho fatto in seguito affine di perfezionare tal apparato. Mio principale scopo è stato di farlo servire ad una grande varietà d'esperienze, delle quali si potessero notare i risultati con tutta quella maggiore esattezza e precisione, che si può esigere da un istromento fisico; e mi lusingo d'esservi pervenuto: tutte le persone almeno, alle quali ho potuto mostrare sì l'apparato, che le differenti prove a cui l'ho fatto servire, ne rimasero molto soddisfatte.

(1) Vedasi il T. 3 della presente collezione.

Non è quì il luogo di darvene la descrizione: altronde non è possibile di farlo in poche righe; e non ho nè tempo nè ozio per estendermi di molto. Ho bene in mira di pubblicare tal descrizione fra qualche tempo con tutti i dettaglj, e le figure necessarie. Intanto vorrei pure farvi parte di alcuni risultati di queste sperienze, che forse potrebbero meritare la vostra attenzione; ma siccome anche ciò porterebbe troppo in lungo, le differisco ad altra occasione. In oggi ho da intrattenervi a lungo di cose concernenti l'Elettricità naturale, od atmosferica, e a farvi parte singolarmente d'un mio ritrovato, o artifizio, piccolo in se, ma di grandissimo uso, e vantaggio per le osservazioni di tal genere.

Innanzi tutto però conviene ch'io vi mostri a qual segno ho perfezionato il sì sensibile, comodo, ed elegante Elettroscopio inventato dal Sig. Tiberio Cavallo, e dal Sig. di Saussure già in gran parte migliorato (1); siccome quello stromento, che oltre al servire eccellentemente a varie delicate, ed

---

(1) Quei che desiderassero di acquistare una giusta idea di questi Elettroscopj vedano il T. 70 delle Transazioni Anglicane, ed il T. 2 dell'Opera del Sig. di Saussure *Vojage dans les Alpes*, Geneve 1786, chap. XXVIII. *Nouvelles Recherches sur l'Electricité atmospherique*. Noi intanto per far vedere i notabili miglioramenti fatti al detto istrumento dal nostro Autore, e dei quali ragiona in questa sua prima lettera, ne riportiamo una copia nella fig. 1 della Tavola annessa alla fine di questa seconda parte.

istruttive sperienze di elettricità artificiale, si rende assai più raccomandabile per l'uso suo prestantissimo nell' osservazioni di elettricità naturale, alle quali venne dal suo inventore specialmente destinato. Tralascio, come a voi noti, i miglioramenti fattivi da Saussure, e vengo tosto ai miei.

Uno, che par cosa da nulla, ma pure è della massima importanza, consiste nel cambiare e forma, e materia ai pendolini, sopprimendo le pallottole di midollo di sambuco, o d'altro, e sostituendo ai fili metallici sottilissimi due nude paglie lunghe circa due pollici, le quali sospese per mezzo di anelletti mobilissimi pendano contigue; o quasimente contigue secondo tutta la lunghezza. Qualora scelgansi due fili di paglia sottilissimi (della grossezza al più di un quarto di linea), e ben secchi, riusciranno già essi più leggieri dei fili metallici comunque esili, e molto più poi dei fili terminanti nelle solite pallottole: altronde offrendo maggior superficie si ripelleranno viemeglio, e divergeranno, per eguali gradi di elettricità, assai più.

Un altro vantaggio che si ha con le paglie semplici si è, che il minimo loro scostamento, la minima divergenza si rende più facilmente osservabile, mercecchè tutta la linea del loro contatto, o quasi contatto, cade sott' occhio; onde scorgesi tosto, se da un tale contatto, o dal parallelismo escono i due fili di paglia il minimo che, se vengono a formare il più piccolo angolo: laddove coi fili metallici aventi in fondo le palline, restando quelli un dall'altro discosti quanto porta la grossezza di coteste

palline, ed essendo altronde poco discernibili quei fili esilissimi, massime quando l'elettroscopio tiensi a qualche distanza, o quando si sperimenta all'aria alquanto oscura, non si può così facilmente notare una piccola divergenza de' medesimi, o un angolo di pochissimi gradi che facciano; e puossi soltanto giudicare all'ingrosso dello scostamento delle pallottole.

Ma non è egli a temersi, che le estremità di paglie così sottili, facendo officio di punte, disperdano troppo facilmente l'elettricità? Nò: la forza dissipatrice delle punte non è così grande, come da molti si pensa, quando si tratta di un'elettricità tanto debole, quanto quella, cui sono destinati a misurare simili strumenti, denominati perciò acconciamente *Micro-elettroscopj*. Dirò di più che essendo in tal caso pressochè nulla la virtù delle punte metalliche, siccome avrò occasione di mostrare ampiamente in altro luogo, ella è poi nulla affatto quella delle punte de' conduttori imperfetti, quali sono le paglie. Ho pertanto trovato per esperienza, che de' fili di paglia quanto si voglia sottili, sol che siano secchi, e asciutto sia pure l'interno della boccetta, che li racchiude, possono divergere 10, 12 e più linee, senza dissipare per le loro punte l'elettricità, sostenendosi salde a tal divergenza, quand'è asciutto anche l'esterno della boccetta, un tempo considerabile. Che se le paglie siano notabilmente più grosse, potranno misurare un'elettricità del doppio, e del quadruplo più forte, senza punto ancora disperderla.

Dietro queste osservazioni ho costrutto per mio uso due di cotai elettroscopj tascabili, uno de' quali, provando ad adattarvi varj cilindretti, prima di paglia più grossi, poi di legno assai più pesanti, l'ho ridotto a segno di acquistare la divergenza di una sola linea per cinque che ne prende l'altro a paglie sottilissime. Or anche questo elettroscopio grossolano soffre, e ritiene un'elettricità, che fa divergere i suoi pendolini 10, in 12 linee; elettricità, che è già più che sufficiente per produrre scintilla; elettricità, che può misurarsi sopra un elettrometro comune, ossia *quadrante elettrometro* di Henley. Al qual proposito non voglio lasciar di dirvi, che ho trovato assai comodo di ridurre anche cotesto quadrante elettrometro ad un rapporto determinato coi due miei micro-elettroscopj. Ho dunque fatto, rendendone il pendolo or più or men pesante, mediante il fargli portare palle di sughero, o di midollo di sambuco di diversa grossezza, ho fatto che 1 grado di questo strumento corrispondesse a 2 del secondo elettroscopio a paglie pesanti, e quindi a gradi 10 dell' altro più sensibile. Così quando questo, che chiamo primo elettrometro, mi segna 20 gradi, di mezza linea l'uno (oltre il qual termine non vuolsi spingere l'elettricità, se la boccetta non ha più di poll. 1 $\frac{3}{4}$ di larghezza, per ischivare che i pendolini si gettino contro le sue pareti), ho nel secondo a pendolini più pesanti gradi 4, e nel quadrante elettrometro, che chiamo terzo, gradi 2. e in generale aggiugnendo uno zero ai gradi segnati da quest' ultimo, ho il numero de' gradi secondo la scala del primo.

Ottimamente, dirassi, se i gradi si corrispondessero sempre nel dato rapporto dall'uno all'altro elettrometro in tutta l'estensione della scala: ma qui sta il punto; e non pare, che la cosa debba essere così. Pure egli è di fatto, che una perfetta corrispondenza regna tra il primo e il secondo, e fino a un certo segno anche tra questi e il terzo, che è il quadrante elettrometro, voglio dire dentro certi limiti, cioè non sotto i 15 gradi per quest'ultimo, nè sopra i 35; al di qua e al di là dei quali termini abbisogna un tal elettrometro di certe correzioni. Lasciando per ora cotal istrumento, di cui unitamente a tante altre cose tratterò in certi *Saggi di Elettrometria*, a cui travaglio da qualche tempo, mi restringerò qui a provare l'esatta corrispondenza dei due micro-elettroscopj così ne' primi come negli ultimi gradi della loro scala. Tra le infinite sperienze, che ho fatte a quest'oggetto, ne scelgo una delle più accurate, e che vale per molte, la quale porrà la cosa sott'occhio. Ho unito per mezzo d'un filo di ferro i cappelletti dei due elettrometri sicchè formassero un solo conduttore; indi vi ho infuso l'elettricità con una boccia di Leyden carica a segno di far vibrare 20 gr. l'elettrometro più sensibile, e corrispondentemente 4 l'altro men sensibile: lasciando allora decadere spontaneamente l'elettricità, quando il primo elettrometro fù venuto a 17 ½ osservai il secondo a 3 ½, e mano mano che scese quello a 15, 12 ½, 10, 7 ½, 5, venne anche questo a segnar giusto 3, 2 ½, 2, 1 ½, 1.

Non riesce punto difficile di notare accuratamente

cotesti gradi rispettivi ne' due elettrometri, mentre allorchè sono questi in buon ordine, il decadimento dell'elettricità si fa lento lento, a segno, che vi passa più d'un'ora, e talvolta più di due, e di tre, prima che s'estingua essa intieramente. Io ho fatto tali osservazioni colla massima accuratezza più e più volte, e non solamente quelle qui registrate, ma altre molte, notando tutti i gradi intermedj; e posso dire, che in tutte la corrispondenza è stata così esatta, che ho trovato il conto fino dei quarti di grado, sì per l'uno che per l'altro elettrometro.

Egli è quasi inutile il far osservare che, acciò i gradi vengano corrispondenti al segno che ho notato, conviene che la boccetta sia quadra, e che la scala applicata ad una delle faccie piane sia fatta ad arco, cioè presenti una porzione di circolo avente i pendolini per raggio. Io soglio farla di una listarella di carta, che applico con un pò di cera o di colla: de'sottili tratti di penna distanti un dall'altro una mezza linea giusta, e tutti convergenti al centro di tal arco circolare, sono altrettanti gradi. Ora per determinare con precisione a quanti di tai gradi giunge l'elettricità, è necessario di portar l'occhio al livello della scala graduata in modo, che veggasi la punta de'pendolini rasentare il lembo interno dell'arco graduato. Richiederebbesi pur anche di osservar sempre tenendo l'occhio ad eguale distanza, ex. gr. d'un piede dall'istrumento, ma, come già ha osservato il Sig. di Saussure, uno o due pollici di più o di meno portano sì piccola differenza nell'osservazione, che può trascurarsi. Egli

trascura eziandio l'errore, che nasce dal segnare i gradi sulla circonferenza d'una campanetta o boccia cilindrica perchè non oltrepassando mai la divergenza de' suoi pendolini sei linee, si riduce anche questo errore a poca cosa, e poi perchè non pretende il Sig. di Saussure, ne può pretendere col suo strumento a tanta esattezza. Ma col mio che s'apre a più di dodici linee, e da cui posso promettermi un accordo, una regolarità scrupolosa, sarebbe peccato grande l'introdurvi un simile errore. Ecco pertanto nella forma della boccetta, e della scala altri cambiamenti importanti, che ho fatti all'elettrometro di cui si tratta.

L'esperienza sovraesposta, e le altre analoghe, in cui fu osservata l'esatta corrispondenza di cinque gradi nell'elettrometro a paglie sottili per ciascun grado dell'altro elettrometro a cilindretti più pesanti, seguendo tutta l'estensione della scala fino a venti e più gradi, potrebbero bastare a comprovare che tutti i gradi dello stesso elettrometro sono anche eguali fra loro, cioè che stanno sempre in un giusto rapporto colla forza dell'elettricità applicata, crescendo o scemando la divergenza de' pendolini con quell'istessa gradazione onde cresce o scema tal forza, la quale viene perciò misurata con giustezza e precisione dal numero di tai gradi. Ma giova in conferma di siffatta progressione regolarissima, di tal andamento uniforme del mio elettrometro, nel che consiste veramente il suo principal pregio, recare altre prove dirette.

Il Sig. di Saussure, occupato anch'egli a deter-

minare l'andamento del suo, non seppe trovare un mezzo sicuro di duplicare, triplicare ec. a sua voglia una data forza elettrica; onde ebbe ricorso all'altro mezzo immancabile di ridurre una data forza alla metà, al quarto ec. col partire tra due conduttori eguali quella d'un solo ec. Io ho trovato anche quel mezzo da lui desiderato, e me ne sono utilmente servito: ecco qual'è.

Si sa che un Elettroforo dopo le prime scintille vigorose, che eccitato di fresco fa dare al suo *scudo*, o *cappello*; in seguito poi quando si è stancato molto tormentandolo, o è rimasto lunga pezza in riposo, ei ne produce sol di mediocri, o di deboli; le quali però durano sensibilmente eguali in forza per lungo tempo, e tali si mostrano dopo cento e più volte, che alternativamente si è alzato e abbassato lo scudo. Assicuratomi dunque che un tal riposo non indebolisce più, al meno sensibilmente, il vigor delle scintille, cui vibra ad ogni volta lo scudo alzato, per 50, 60, e più che se ne tirino, ne ricevo 2, 3, 4, nell'uncino di una boccia di Leyden, finchè toccando con esso uncino il cappelletto del mio elettrometro vedo che fa aprire i pendolini di 1, o 2 gradi. Trovando p. e. che vi vogliono tre di tali scintille per avere 2 gradi dell'elettrometro, prosieguo a riceverne nell'uncino della boccia altre tre, ed ecco che toccato come sopra l'elettrometro, i suoi pendolini s'aprono di 4 gradi giusti: con tre nuove scintille vanno a 6 gradi, e così poi crescendo di mano in mano di sempre eguali dosi la carica della boccia si portano a 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22.

L'esperienza, come si vede, è quanto semplice, altrettanto decisiva; sicchè non lascia luogo a dubbio alcuno. Io l'ho fatta moltissime volte variando e boccia di Leyden, ed elettroforo, e forza di scintille, ed elettrometro, e gradi di tensione di questo corrispondente ad un dato numero di scintille; e sempre crebbe la divergenza de' pendolini del doppio, del triplo, del quadruplo, del decuplo, se d'altrettanto cresceva la dose di carica, ossia il numero delle scintille ricevute dalla boccia di Leyden. Le ho anche mostrate tali sperienze (che ricercano niente più che alcune facili attenzioni per esser fatte a dovere), a diverse persone intelligenti, le quali ne rimasero oltremodo soddisfatte.

La principale delle attenzioni richieste è che la boccia di Leyden sia scevra affatto di elettricità, allorchè si comincia a caricarla colle prime scintille dell' elettroforo. Non debbe pertanto aver ricevuto da un pezzo alcuna carica, massime forte: perchè riesce assai difficile di sporgliarnela affatto, per quanto se ne tocchino e ritocchino le due armature a un tempo. Infatti si provi dopo tali replicati toccamenti a lasciar un momento in riposo la boccia, essa riacquista tosto tanto di forza da far vibrare l'elettrometro di qualche grado; e questa forza va indi a poco crescendo a più gradi, fino a produr scintilla. Una tal elettricità, come osservò bene il cel. Padre Beccaria, è quella, che rifluisce poco a poco dalla faccia nuda coibente, su di cui erasi per forza della carica alquanto diffusa, a' con-

fini dell' armature, rientrando nelle quali crea una nuova picciola carica. Or se adoprisi una tal boccia apparentemente scaricata, ma disposta a ripigliare da se un poco dell' antica elettricità, e la ripigli infatti durante il tempo che le si dà la nuova carica colle scintille dell' elettroforo; chiaro si vede che per un doppio, triplo, quadruplo numero di queste, tuttochè eguali in forza, risulterà la carica maggiore o minore di tal proporzione, secondo che quel tanto della sopita elettricità, che va da se risorgendo, è di specie omologa, o contraria. Dicendo dunque che l' esperienze non lascian luogo a verun dubbio, intendo parlare di quelle fatte colle debite attenzioni.

Un' obiezione però si presenta, ed è questa: la boccia, la quale a misura che riceve scintille dallo scudo dell' elettroforo va caricandosi, non le riceve più tutte intere, massime sull' ultimo, restandone addietro in esso scudo tanto di ciascuna, quanto fa equilibrio alla forza della carica già indotta nella boccia. Ciò è tanto vero, che se si progredisca assai oltre nella carica, lo scudo, dopo data la scintilla alla boccia, avrà ritenuto abbastanza di elettricità per dare un' altra scintilla ad un altro corpo. A meraviglia: ma quale mai, io ripiglio, è la forza di carica, a cui sale la boccia di Leyden colle 20, 30, 40 scintille deboli d' un mediocre elettroforo, nelle prove di cui qui si tratta? Tale da far muovere l' elettrometro sensibilissimo 15, 18, 20 gradi al sommo. Or tanto e non più può essere il residuo di forza elettrica, che lo

scudo ha ritenuto per se dando l'ultima scintilla alla boccia; residuo, che non giunge per avventura ad $\frac{1}{20}$ dell'elettricità che detto scudo dispiega, allorchè alzato vibra la scintilla all'uncino della boccia; mercechè anche quando l'elettroforo è nello stato di debolezza in cui io l'adopero; pur tende il quadrante elettrometro a 40 gr., più, o meno (equivalenti a 400 del microelettrometro a paglie). Che se ha ritenuto $\frac{1}{20}$, e non più, dando l'ultima scintilla alla boccia, debbe esso scudo aver ritenuto ancor meno a proporzione dando le antecedenti scintille, mentre era la boccia meno carica; onde vedesi, che assai meno ancora di $\frac{1}{20}$ dobbiamo difalcare dalla totalità e pienezza delle scintille; e che potiamo considerarle, salvo un così picciolo errore, come passate tutte intiere nella boccia. Dico *salvo un così piccolo errore*, che pure si osserva nella nostra sperienza, ponendovi tutta l'attenzione; tanta è l'esattezza dell'istrumento: si osserva, cioè, che mancano i pendolini di un qualche mezzo grado di salire ai 16, o 20, a cui dovrebbero, secondo il numero delle scintille, arrivare. Sicchè l'obiezione svanisce; anzi rivolgesi in conferma della stupenda eguaglianza de' gradi del nostro elettrometro.

Non pare, dopo queste, che possano desiderarsi altre prove; pur non debbo tralasciare quelle fatte coll'altro mezzo sopra indicato, che è di partire in due, in quattro, ec. una data elettricità, misurandola coll'elettrometro prima e dopo ciascuna divisione. Dirò dunque brevemente che tutte que-

ste prove furono perfettamente corrispondenti, cioè ogni volta che ho diviso per metà giusta l' elettricità, il numero dei gradi dell' elettrometro venne anch'egli precisamente alla metà, da 20 a 10, da 16 a 8, da 12 a 6, da 8 a 4, e così per tutti gli altri intermedj.

Per dimezzarla poi puntualmente, ho proceduto in tre diversi modi. Il primo fu lo stesso che adoperò il Sig. di Saussure, cioè: infusa l' elettricità, or di pochi, or di molti gradi, ad uno di tali elettrometri, la compartì per un' immediata comunicazione ad altro elettrometro simile affatto, e che andava d' accordo col primo a tutte le prove.

Il secondo modo fu di porre a confronto due conduttori assai capaci, e in tutto simili (quelli di cui mi son servito il più delle volte sono cilindri cavi d' ottone, grossi un pollice, e lunghi cinque piedi, terminanti in palle di tre pollici di diametro). Avendoli dunque perfettamente isolati in giorni favorevoli alla durata dell' elettricità, ne elettrizzava uno debolmente, tanto che potessi notarne i gradi col più delicato, o coll' altro de' miei elettrometri: allora portatogli in contatto l' altro conduttore eguale non elettrizzato, e disgiuntili di nuovo esplorando sì l' uno che l' altro separatamente coll' istesso elettrometro, mi segnava ciascuno la metà appunto dei gradi di prima: non così però se rimaneano congiunti od assai vicini i due conduttori, poichè allora compenetrandosi in parte le atmosfere elettriche, cioè rinforzandosi colla mutua azione l' elettricità sì dell' uno che dell' altro,

sorgea in ambedue a maggior *tensione*, e l'elettrometro vibravasi più alto; siccome accade ogni volta che s'affacciano due conduttori animati dall'istessa elettricità. Voi, Signore, comprendete, e tutti quelli che hanno un'idea dell'azione delle atmosfere elettriche comprenderanno facilmente una tal cosa, senza ch'io più mi trattenga a dichiararla.

Il terzo mezzo finalmente, di cui mi son servito più spesso, è stato di dividere tra boccie di Leyden affatto eguali delle piccole cariche misurabili dai miei elettrometri. Ne ho varie di cristallo di Boemia in tutto simili per grandezza, spessezza di vetro, ed armatura. Adunque caricatane una sì, che facesse vibrare i pendolini dell'elettrometro un numero di gradi qualunque, dai due fino ai venti, la scaricava sopra d'un'altra scevra d'ogni elettricità, portandone in contatto ventre a ventre, ed uncino ad uncino, e tenendovele così unite per un buon mezzo minuto: dopo ciò, toccando sia coll'una, sia coll'altra l'istesso elettrometro, osservava immancabilmente che saliva questo appuntino con tal carica dimezzata alla metà dei gradi, a cui era salito dianzi colla carica intera. Ho avuto piacere talvolta di scaricare una boccia sopra due altre eguali, ripartendo così la carica a tre; ed ho osservato pure, che l'elettrometro dopo tal riparto marcava un terzo giusto dei gradi di prima, ex. gr. 6, se erano stati 18.

Queste ultime sperienze colle boccie di Leyden, dirette a verificare l'esatta eguaglianza de' gradi nell'elettrometro costrutto alla mia maniera, ric-

scono generalmente meglio, che le altre coi semplici conduttori; atteso che una boccia di Leyden ben costrutta conserva lunga pezza, anche in tempi men propizj, una carica d'egual forza, nè per poco si debilita; e ciò attesa la sua grande *capacità*: la qual cosa non ha luogo per i semplici conduttori, l'elettricità de'quali, comunque si abbia cura di tenerli isolati a dovere, decade a vista d'occhio se l'aria non è ben secca. Le mie boccie, che hanno il collo incrostato di ceralacca, mantengono nelle giornate più umide una carica di 20 gradi del microelettrometro per un quarto d'ora, e più, senza alcuna sensibile diminuzione: del che m'accerto ritoccando colla stessa boccia l'elettrometro a varj intervalli dentro tal tempo. Ma se per questo riguardo riescono più esatte ed agevoli tali prove colle boccie di Leyden, e possono farsi con buon successo in ogni tempo; per altra parte è assai più difficile il procacciarsi due boccie, che due semplici conduttori della stessa stessissima capacità, come si desiderano; giacchè se per questi ci basta che abbiano forma e dimensioni eguali, per quelle debbe aversi riguardo inoltre alla sottigliezza del vetro, che tanto contribuisce alla *capacità* delle medesime. Alcune attenzioni poi ricercansi nello sperimentare colle boccie, per non cader in errore: oltre quella poca anzi accennata, di far durare qualche tempo il contatto mutuo de'due uncini, per ben compartire la carica, senza di che la boccia che fu caricata ne ritiene alquanto più della metà, e meno ne passa all'altra; debbesi soprattutto osservare anche quì,

che sia immune veramente di elettricità la boccia che si prende per tale, e a cui vuolsi comunicare l'elettricità dell'altra caricata; e quindi che non abbia ricevuto già da lungo tempo alcuna carica, la quale, comunque apparentemente svanita affatto, potrebbe in qualche grado ristabilirsi, rifluendo dalle faccie nude, nelle armature (come si è sopra osservato) ed alterare così il resultato.

Tale è l'altra serie di prove con cui ho accertata la marcia uniforme regolarissima de' miei elettrometri a paglie, e la perfetta corrispondenza de' loro gradi. A proposito della quale debbo far osservare una cosa, che sembrerà a prima giunta una soverchia minutezza, ma che pur debbe molto valutarsi, sotto pena d'incorrere in errori notabilissimi. Essendo le paglie grosse ex. gr. di un quarto di lin. (quelle del elettrometro più sensibile voglion essere piuttosto di meno, ma quelle del secondo, che segna un grado solo per cinque del primo, notabilmente più grosse, e. g. di mezza lin. o davvantaggio), supposto che pendano contigue, i loro assi disteranno pure di un quarto di lin., che viene ad un mezzo de' miei gradi. Ma già non è bene che si tocchino; per la ragione, che non obbediscono allora alle minime ripulsioni elettriche, vinte rimanendo queste dall'attrazione di adesione che ha luogo in tutta quella linea di contatto: in prova di che, se accosterete bel bello al cappelletto dell'elettrometro e. g. un pezzo di cera di Spagna leggermente strofinato, per poco non s'apriranno le paglie; e sol quando s'avvicini dipiù il corpo elettrico, si

staccheranno tutto ad un tratto con violenza, facendo un salto di due o tre gradi. È dunque meglio che pendano naturalmente a qualche piccola distanza, supponiamo d'un altro quarto di linea, per cui gli assi loro troverannosi in distanza di una mezza lin. vale a dire di un grado giusto della mia scala: ciò, dico, è più spediente, affinchè non abbia luogo l'accennato inconveniente, e le paglie siano più obbedienti. Ma stando così, lo sono poi a segno di risentire un elettricità di un mezzo, o di tre quarti di grado? Non già: anzi non risentono neppur quella di un grado intiero; e quando giunga ad uno e mezzo, o due gr., si scostano di un mezzo, o di uno, e nulla più: cioè gli assi delle paglie vengono allora a segnare uno e mezzo, o due gr. compreso quell'uno che già segnavano allorchè senza punto di elettricità pendevano esse parallele: la qual cosa dee certo cagionare sorpresa.

Ho voluto provare, se lo stesso avvenisse facendo pender parallele le paglie a tale distanza, che gli assi delle medesime si trovassero a tre quarti, e fino ad una lin. di distanza, cioè stessero in mira ad uno e mezzo, e fino a due gr.; ed ho trovato, che anche allora rimangono ove sono, o appena fan qualche cenno di moto, senza scostarsi notabilmente, per un'elettricità di uno e mezzo, o di due gr.

Vedesi dunque come, allorchè si vuol misurare la forza elettrica con tali elettrometri, non accade far conto di quanti gradi e frazioni di grado si siano dilungate le paglie dal sito lor naturale, o computare quanti ne abbiano realmente scorsi; ma che

debbesi semplicemente osservare qual numero di gradi segnino appuntino gli assi delle medesime, e contarli per altrettanti gradi di elettricità, senza detrarne cioè i gradi o le frazioni di grado, di cui si tengono i detti assi delle paglie naturalmente discosti allorchè giacciono esse parallele, e inerti. La qual cosa riesce assai comoda, perciocchè la semplice ispezione ne fa giudicare a dirittura della forza dell' elettricità.

Se mi domandaste quali sono le sperienze, con cui accertato mi sono di ciò, che ora quì avanzo, vi risponderei: quelle stesse, che valsero a provarmi l' andamento uniforme del mio elettrometro a paglie per tutto il resto della scala; voglio dire, tanto quelle di partire per metà giusta una data forza elettrica, quanto le altre tutte mie di duplicarla, triplicarla ec. a talento. Quando a cagion d'esempio pendendo le paglie parallelamente, scevre d' ogni elettricità, i loro assi distavano tre quarti di lin. cioè un grado e mezzo della scala, se una boccia di Leyden caricata con tre scintille dell' elettroforo le rimoveva tanto solo, che giugnessero i detti assi a due gr. cioè a compir giusto una linea di distanza; ognuno creduto avrebbe, che cotal forza elettrica dovesse estimarsi di un mezzo gr., poichè di tanto e non più s' eran mosse le paglie dal lor sito naturale; e che per conseguenza raddoppiando con tre altre scintille eguali la carica della boccia, dovesse poi questa promovere la divergenza delle paglie d' altrettanto, cioè dai due gr. ai due e mezzo. Ma trovai, che la cosa va altrimenti; pe-

rocchè questa doppia carica porta dette paglie (intendasi sempre i loro assi) a quattro gr.; e così poi una carica tripla, formata cioè da nove scintille, le porta a sei gr., una quadrupla formata da dodici scintille a otto gr. ec. Lo stesso avviene, dividendo per metà giusta (coll'uno, o coll'altro dei metodi sopra esposti) quell'elettricità, che fa indicare alla punta delle paglie ex. gr. quattro gr.; giacchè cadono esattamente a due, che vuol dire ad un mezzo gr. solamente sopra il lor sito naturale.

Dal che si vede, che l'errore sarebbe del quadruplo, se quell'elettricità, che comincia a movere le paglie di un mezzo grado, e di tanto solo le tien sollevate sopra la naturale lor posizione si giudicasse anch'essa di sol mezzo grado, quando nel caso, che abbiam supposto, deesi valutare di due gradi, e che ebbi ben ragione di dire, che tali minute osservazioni che sembrar potrebbero soverchie, sono della più grande importanza.

Ora da tutto ciò ricaviamo ancora, che se non è bene, che le paglie, allorchè pendono parallele, siano al contatto, è però assai vantaggioso di molto che distino il meno possibile, e che siano il più possibile sottili, e dirittissime, acciò i loro assi stian dentro di un grado. Se staran dentro di un mezzo (il che si può fare scegliendo fili di paglia non più grossi di un sesto di lin. e adattandoli con diligenza), tanto meglio; poichè allora cominceranno a risentirsi d'un'elettricità di un mezzo grado. Più di così non ho potuto ancora ottenere, quantunque nella mia scala io possa benissimo di-

scernere anche i quarti di grado. Ma a vincere l'inerzia delle paglie, ad ismoverle a principio, essendo già un pelo distanti, come lo devon essere, vi va una forza elettrica maggiore di un quarto di grado; siccome poi vuol essere di più di un mezzo, e di più di un grado intiero, se di tanto distino già da loro gli assi delle paglie, secondo che ho mostrato.

Ma e perchè mai la forza elettrica di un mezzo, di uno, e fin di due gradi non si fa punto sentire, o almeno non produce alcuna sensibile divergenza, ma un leggier cenno appena di moto, una certa qual librazione delle nostre paglie, allorchè pendono già da se a cotali intervalli? Chi dicesse che l'atmosfera elettrica non giunge ad estendersi più in là di quei termini, cioè che i suoi confini sono appunto per l'elettricità di un mezzo grado ad un quarto di linea dal centro, cioè dall'asse di ciascun pendolino; per quella di un grado ad una mezza linea, per quella di due gradi ad una linea ec.; e che poi il peso de' detti pendolini leggierissimi debba valutarsi zero, cedendo essi senza alcuna notabile resistenza, e prendendo a divergere, tosto che l'atmosfera elettrica pur coll'estremità sua gli arriva, non andrebbe forse lontano dal vero. Ciò potrebbe anche in qualche modo render ragione del divergere che fanno giusto giusto del doppio, del triplo, del quadruplo ec. per tutto il resto della scala, con applicarvi doppia, tripla, quadrupla forza elettrica. Ma lasciando da parte queste supposizioni, ed altre che potrebbero farsi, lasciando tuttociò che riguarda

direttamente, o indirettamente la spiegazione, mi attengo per ora al semplice fatto, che è quello che m' importa di far conoscere.

Provata avendo in tutte le maniere possibili la perfetta eguaglianza de' gradi, e l'andamento sempre uniforme dell'elettrometro a semplici paglie, o a cilindretti di legno senza pallottole, non sarà fuor di proposito di farne un confronto con quello a pendolini di fil metallico con pallottole. Dirò dunque, che provato avendo con queste, comunque piccole e leggieri, ho visto che la faccenda non cammina più bene; non avendo luogo con simili elettrometri la stessa regolarità. Infatti egli è ben lungi che un' elettricità doppia, tripla, quadrupla, faccia divergere tai pendolini nella medesima proporzione. Dirò ancora, che il Sig. di Saussure fu il primo, siccome a far alcune delle sopraccennate prove, cioè quelle di dividere una data elettricità tra due de' suoi elettrometri portandone immediatamente in contatto gli uncini, così a notare un tal difetto dell'istrumento; e che il primo si studiò di trovarvi un compenso. Convinto egli di quanta importanza sarebbe il conoscere in qual rapporto stessero i gradi del suo elettrometro colle forze dell'elettricità, s' accinse a costruire sopra alcune di tali esperienze una tavola di correzione. Ecco le fondamentali, che ci riferisce nell'opera, ed articolo già citati. Elettrizzato uno di questi elettrometri perfettamente eguali a segno che le palline si scostassero precisamente di 6 linee; indi toccatone l'uncino con quello dell'altro elettrometro, che

non era punto elettrizzato, vide che ambedue segnarono una divergenza di 4 linee, in luogo di segnarla, come conveniva, di 3: spogliato uno dei due elettrometri d'ogni elettricità, e portato di nuovo in contatto dell'altro, che riteneva tuttavia quella di 4 linee, in luogo di ridursi nell'uno e nell'altro a due linee, si compose a 2, 8: diviso per egual modo questo residuo d'elettricità, ebbero le pallotole in ambedue gli elettrometri linea 1, 9 di divergenza; dal qual segno caddero ad 1 linea giusta colla quarta divisione. Su questi dati egli ha dunque calcolata la sua tavola di correzione da un quarto di linea (facendo di questa piccolezza i suoi gradi) fino a sei linee: nella quale tavola si può vedere, come alle divergenze di 1 linea, di 2, di 4, di 6, corrispondono le forze dell'elettricità nella seguente ragione cioè 4, 10, 32, 64: e in proporzione per i gradi intermedj.

Quanto mai dunque non s'allontana un tal elettrometro a pendolini di fil metallico con pallottole da quella eguaglianza e comparabilità di gradi, di cui gode il mio a semplici paglie? E quanto non è questo preferibile a quello perciò appunto, che non ha bisogno di alcuna correzione? Non è certo un vantaggio da poco, che i suoi gradi corrispondansi esattamente, crescendo e diminuendo nella stessa stessissima progressione aritmetica, con cui cresce o scema l'elettricità; e che cotesta puntuale regolarità abbia luogo non solo sino alla divergenza di sei linee, ultimo termine nella succennata tavola del Sig. di Saussure, ma sino alla divergenza di dieci, do-

dici e fin tredici linee, cioè di 20, 24, e 26 dei miei gradi: e ciò non solo nel primo elettrometro a paglie sottilissime, ma nel secondo pur anco a paglie grossette, o pendolini di legno solido. In questo modo io ho con cotesti due elettrometri da poter misurare distintamente, e con tutta l'esattezza desiderabile, mediante la semplice ispezione, ben 100 gradi di elettricità; i quali essendo segnati colla distanza di mezza linea ciascuno, lasciano campo all'occhio di giudicare de'mezzi gradi, e per l'elettrometro a paglie sottili fino dei quarti. E cosa mai può desiderarsi di più in genere di delicatezza e di comparabilità d'un istrumento fisico? Chi creduto avrebbe, che ne fosse a tal segno suscettibile l'elettroscopio, onde meritarsi a giusto titolo il nome di *elettrometro*? E che tale divenisse per una costruzione così semplice?

Mi si dirà forse, che per la perfezione di tale strumento non basta che siano perfettamente eguali e comparabili tra loro i gradi dello stesso elettrometro, ma che debbono essere comparabili quelli d'uno con quelli d'un altro costrutto su medesimi principj, che debbono in somma potersi fabbricare da qualsisia artefice, e dovunque cotesti elettrometri in modo, che siano perfettamente d'accordo, e diciam così *unisoni*, come unisoni si costruiscono ex. gr. i termometri: il che non pare certo potersi eseguir facilmente, richiedendosi tante cose perfettamente eguali, cioè lunghezza, grossezsa, e peso delle paglie, siccome degli anellini di sospensione, e mobilità de' medesimi negli occhietti della lastret-

ta, larghezza della boccetta che li racchiude ec.: una delle quali cose che manchi d'essere eguale, non si vibreranno egualmente i pendolini, non misureranno un pari numero di gradi per egual forza di elettricità. Ora qual fia il modo di cogliere giusto in tutti questi punti?

Ma svaniranno in gran parte queste difficoltà, quando si avrà provato, che una discreta mobilità di sospensione, senza che sia la maggiore possibile, permette alle pagliuzze discostarsi quanto porta la ripulsione elettrica; e che l'istesso è del volume e peso un poco più o un poco men grande di esse paglie, quando siano del numero delle sottili. Io certo ho osservato pochissima differenza tra paglie di un ottavo e di un quarto di linea; giacchè quando eran lunghe e queste e quelle egualmente, ex. gr. due pollici, l'elettricità che facea divergere un pajo delle prime 20 de' miei gradi, portava anche un pajo delle seconde a più di 18; sicchè la differenza non arriva a un decimo, malgrado una doppia grossezza, e un peso più che doppio. Se pertanto nello scegliere i fili di paglia, la grossezza de' quali conveniente per l'elettrometro più sensibile potrebbe fissarsi all'incirca di un sesto di linea, uno s'imbatta a prenderle di un quarto, o di un quinto più grosse che un altro, la discrepanza ne' gradi segnati da due elettrometri non verrà maggiore di un quarantesimo, o di un cinquantesimo; e probabilmente non sarà neppur tanta, e potrà quindi trascurarsi. Io mel so quanto poco influisca la grossezza e il peso delle paglie, da poichè tentando di ridurre il mio secon-

do elettrometro a segnare un grado solo per 5 del primo, quasi non trovai paglie grosse abbastanza; e poichè le troppo grosse mi coprivano i gradi in modo, ch'io non potea poi ben distinguerli, e molto meno distinguer potea le frazioni di essi, dovetti, scelte paglie di grossezza mezzana, renderle molto più pesanti riempiendone il vano, parte con degli stecchetti di legno, parte con filo metallico non così sottile; oppure dovetti sostituirvi de' cilindretti di legno solido.

Quello che più di tutto, e quasi unicamente influisce a fare che segnino l'estremità delle paglie un maggiore o minore numero di gradi, si è la loro lunghezza. Ho tagliato or un quarto, or un terzo, or una metà a un pajo di fili di paglia che eran lunghi due pollici, e il numero de' gradi misurati per egual forza di elettricità sulla solita scala divisa in mezze linee, è stato prossimamente d'un quarto, d'un terzo, della metà minore, corrispondente cioè all'accorciamento delle paglie: novella prova che il peso delle medesime poco o nulla influisce; poichè una data forza di elettricità le apre tutte, più o meno grandi che sieno, presso a poco ad un medesimo angolo. Ma se da una parte la lunghezza maggiore o minore delle paglie influisce cotanto sul far loro percorrere più o meno gradi della stessa scala che rasentano colle loro estremità, onde la differenza di poche linee porterebbe un errore notabile; dall'altra parte non vi è niente di più facile che di schivare un tal errore, dando alle paglie precisamente l'istessa lunghezza in tutti gli elettrometri

di questa specie, ed ai gradi l'istessa distanza. La lunghezza ch'io ho prescelta, e in cui sarebbe bene che convenissimo tutti, è di due pollici parigini, e la distanza de' gradi di una mezza linea.

Non debbo lasciar di dire, che questa massima influenza della lunghezza delle paglie e minima del loro peso, nel far che le loro estremità si scostino dipiù, ne offre un mezzo facile, e sicuro di ridurre un secondo elettrometro a segnare coll'istessa forza di elettricità quel numero di gradi minore, che si vuole. Tal mezzo, come ben si vede, è di accorciare quanto occorre le paglie: in che fare non essendo facile di coglier giusto a un tratto, fia bene procedere a più riprese, troncandone poco per volta, massime allorchè si è vicino al punto che si vuol ottenere. Io ho trovato, che si può senza inconveniente accorciarle fino della metà, ridurle cioè alla lunghezza d'un pollice solo: ma non ad una molto minore; altrimenti non sussiste più la comparabilità, se non di pochi gradi, fino a 10, 12, o 15 al più, mancando pel resto della scala. Pertanto desiderandosi un elettrometro, i cui gradi siano con quelli del più sensibile in un rapporto maggiore di uno a due, ex. gr. nel rapporto di uno a quattro, o di nno a cinque, per non abbreviare di troppo le paglie, converrà sceglierle grossette, e renderle inoltre più pesanti con riempirne il vano, oppure sostituirvi de' cilindretti di legno solido, come già ho accennato. Io dando a cotai cilindretti o alle paglie ripiene la solita lunghezza di due pollici, li fo tali da principio, e sì pesanti, che s'aprano, ex.

gr. un grado e mezzo con quell'elettricità, che fa aprire di cinque le paglie leggierissime dell'altro elettrometro più sensibile (e così s'aprano per 10 gradi di questo 3; per 20, o ec.): di che assicuratomi con varie prove, passo ad accorciare cotesti pendolini un pochetto per volta, ripetendo sempre con somma accuratezza le prove, finchè li riduco al segno desiderato, di aprirsi cioè per tai 20 gradi soltanto 4 per 15, 3, ec.

Resta per ultimo ch'io osservi qualche cosa circa la maggiore, o minor larghezza della boccetta in cui racchiudonsi i pendolini. Dirò dunque quello che l'esperienza mi ha insegnato, non doversi cioè far caso d'un mezzo pollice più o meno; dappoichè ogni boccetta quadra larga da venti in ventisei linee è egualmente buona. Non è che non serva eziaudio una più picciola; ma vien buona soltanto per un minor numero di gradi; giacchè i pendolini non possono aprirsi nè di 24, nè per avventura di 20 gradi, se la boccetta abbia sol quattordici o diciotto linee di larghezza, senza essere portati a gettarsi sopra le pareti della medesima, le quali per esser vicine gli attraggon fortemente.

Che dunque? converrà una boccia larghissima acciò restino que' pendolini assai distanti? Neppur questo; poichè nasce allora un altro inconveniente; ed è, che ove diffondasi un poco di elettricità nell'aria di tal boccia, vi si mantiene per qualche tempo, non valendo ad involargliela tosto le fascie metalliche, di cui vestite sono le interne pareti, appunto perchè troppo distanti. Or una tale elettricità, che

dura un tempo notabile nell' aria circondante i pendolini, agisce sopra di essi, e li fa divergere in certo modo spontaneamente, senza cioè che loro s' infonda o si applichi alcuna esteriore elettricità; facendoli poi in contraccambio divergere d' altrettanto meno, ove si applichi loro un' elettricità della stessa specie; e d' altrettanto più, ove se ne applichi una contraria a quella dianzi imbevuta da tal aria rinchiusa nella boccia: dal che si vede quanto venga turbato il giuoco dell' elettrometro, e i suoi segni diventino equivoci. Dirò anche, che ha luogo un cotal poco simile inconveniente nelle boccette larghe solo due pollici, o poco più, qualora s' insista lungo tempo ad infondere ne' pendolini un' elettricità discretamente forte, di 18, o più gradi; osservandosi come, dopo averla distrutta ne' pendolini stessi, col toccare il cappelletto metallico a cui appartengono, continuano tuttavia per qualche minuto a tenersi di un grado, ed anco più divergenti. Egli è perciò, che scelgo più volentieri delle boccette larghe solo da venti in ventidue linee, le quali sono anche più comode da portarsi in tasca.

Schivate queste imperfezioni procedenti dalle boccie troppo grandi, o troppo picciole, e ritenuto ciò che ho fatto osservare tanto relativamente alla mobilità de' punti di sospensione, quanto alla grossezza, e peso delle paglie, ma soprattutto quello che riguarda la loro lunghezza, io non dubito punto, che tutti gli elettrometri di questo genere non abbiano a corrispondersi con sufficiente esattezza, a riuscire cioè *unisoni*, da chiunque, e in qualunque

luogo vengano costrutti, a Ginevra, a Parigi, a Londra, a Berlino. Allora tutti i Fisici, riportando le proprie sperienze di elettricità ad una misura comune, invece delle indeterminate, ed arbitrarie, di cui si valsero finquì, verranno ad intendersi perfettamente fra loro.

Sarà però necessario di portare ad un determinato rapporto coll' elettrometro di cui parliamo, atto solo a misurare una debolissima elettricità, anche gli altri elettrometri capaci dell' elettricità forte, e fortissima: converrà, dico, che i gradi di questi rispondano a un certo determinato numero di gradi di quel primo, che vuolsi stabilire per elettrometro fondamentale.

Trattandosi di un' elettricità quattro o cinque volte solamente più forte, ho già insegnato come se ne possa costrurre uno sulla stessa foggia atto a misurarla. Ma ciò è ancor picciola cosa, anzi picciolissima, rimpetto all' elettricità, che si manifesta con vigorose scintille, rimpetto a quella cotanto vivace delle ottime nostre macchine, e alla strepitosa de' conduttori atmosferici in occasione di qualche temporale. Per cotal forza di elettricità non è a sperare, che alcun elettrometro a boccia possa servire, giacchè per quanto grossi si facessero i pendolini, dovendo essere senza palla toglier loro non si potrebbe di profondere gran parte dell' elettricità, che ricevessero; e questa allora trasmessa alle pareti della boccia vi si affiggerebbe, se nude fossero, verrebbe dissipata se vestite di lamine metalliche: in ogni caso agirebbero dette pareti forte-

mente sopra i pendolini, in modo di turbarne affatto l'uniforme graduata divergenza, sulla quale non potendo noi più contare, sarebbe tolta ogni comparabilità. Ma non potrebbe prendersi, affine di schivare tal errore una boccia assai larga? Rispondo che si cadrebbe allora nell'altro inconveniente, di cui ho già parlato, se non peggiore, eguale al primo; giacchè distando moltissimo le pareti della boccia dai pendolini, l'aria rinchiusa che li circonda, riceverebbe essa l'elettricità, che quelli tramandano, e riterrebbela tenacemente per delle ore, non lasciándo per tutto quel tempo di agire considerabilmente sopra i pendolini ec. È duopo dunque per l'elettricità forte ricorrere ad un'elettrometro d'altra forma. Or io non trovo nulla di meglio che il *quadrante elettrometro* di Henley. Già da varj anni essendomi applicato a perfezionarlo, vi ho fatte varie mutazioni, e aggiunte. In seguito alle quali avendo trovato con mio grande stupore, e non minor soddisfazione, come riuscivano perfettamente comparabili, vuo' dire eguali i suoi gradi, almeno dai 15 fino ai 35, e poco men che tali anche altri cinque sotto, ed altri cinque sopra quindi dai 10 fino ai 40 (parlo di gradi di circolo), avendo, dico, trovato che dentro tali limiti non eravi bisogno di alcuna correzione, intrapresi moltissime altre sperienze colla maggior attenzione possibile; onde poter determinare accuratamente il fallo di ciascun grado inferiore ai 15, e di ciascnno superiore ai 35, per quindi apporvi la giusta correzione, e ridurli tutti comparabili: il che mi riuscì con

grande stento di fare, e costrussi le mie tavole di correzione che pubblicherò un giorno nell' opera, a cui travaglio da qualche tempo, e che ha per oggetto l' Elettrometria in tutta la sua estensione. Dirò qui intanto, che sorpreso di tale regolarità di marcia per tutto l' indicato numero di gradi, la qual non si vede come possa conciliarsi colle forze meccaniche elevanti i pendoli, non lo fui punto di trovare, che sopra i 35, e massime sopra i 40 cominciasse ella a mancare, e riuscissero i gradi sempre più piccioli, riflettendo, indipendentemente dal calcolo meccanico, come il pendolo del quadrante elettrometro, il quale dapprima risente la ripulsione elettrica soltanto dalla parte inferiore dello strumento, cioè dalla colonnetta al cui mezzo è appeso, vien dopo una certa elevazione ad essere ripulso anche dalla parte di essa colonnetta superiore al punto di sua sospensione, e sempre più ripulso in ragione, che si solleva davvantaggio. Ma ben mi fece meraviglia il vedere, come lo stesso pendolo fa più piccoli che i medj, anzi picciolissimi i primi primi suoi gradi, a segno che non s' alza che d' un grado solo del quadrante per una forza elettrica dal valore di circa tre, comparativamente a quelli compresi tra i 15, e i 35 o 36.

Dirò ancora, e ciò non per farmi merito d' un anteriorità, che poco rileva, ma per puro amor del vero, ch' io mostrava già questo quadrante elettrometro perfezionato a un buon segno fin dall' anno 1781, e al principio del 1784 anche la comparabilità dei suoi gradi dentro i limiti assegnati; facendo

vedere, come collocato cotesto elettrometro a dovere, cioè all' etremità del conduttore in modo, che non abbia a rimaner punto involto dall' atmosfera elettrica, se venivasi a dividere la forza elettrica per metà, sia tra due semplici conduttori, sia fra due boccie di Leyden, di capacità perfettamente eguali, 36 gradi venivano giustamente a 18, 34 a 17, 32 a 16; e finalmente 30 a 15. Il che poi non aveva luogo col dimezzare un' elettricità portata al di sopra, o al disotto di tai limiti; mentre dividendo e. g. quella che teneva elevato il pendolo a 60 gradi cadeva questo assai meno della metà, venendo poco sotto ai 40; e dividendo similmente per metà quella che alzava il pendolo a 70, discendeva esso soltanto ai 50 circa: all' incontro dimezzando e. g. 15 gradi, cadeva il pendolo più della metà, cioè fino ai 6; dimezzando 10, s' abbassava ai 3 circa ec. Tralle persone, a cui ebbi il piacere di mostrare in quell' anno stesso verso la fine di primavera in un coll' istrumento vieppiù perfezionato tali mie sperienze, e le tavole di correzione già in gran parte costrutte (fino al grado 75 del quadrante, che ne dinota di veri circa 120), nomino a cagion d' onore il Sig. Commendatore Dolomieu valente Naturalista, e il Sig. Buttini di Ginevra il figlio, Fisico e Chimico eccellente, il quale ne rimase così soddisfatto, che desiderò da me una descrizione di tal elettrometro coi miglioramenti fattigli, e le indicate tavole di correzione.

Il Sig. De Luc trovò anch' egli (senza nulla sapere probabilmente delle mie sperienze) la stessa corrispondenza, e comparibilità di gradi, dentro a

limiti presso a poco eguali, per i suoi elettrometri, diversi, ma non molto, da quelli di Henley, e dai miei; e ne restò pur esso sorpreso, com' io lo fui, riflettendo, che giusta i principj meccanici un pendolo non deve già per doppia forza venir sollevato d' un doppio numero di gradi, ma assai meno. Come mai dunque, egli va meditando nella prima parte della recente sua opera *Idées sur la Météorologie* stampata a Parigi nel 1786, e pervenutaci ha qualche mese solamente, come mai può una forza elettrica applicata all' elettrometro a pendolo, elevar questo a un numero di gradi, che siegua la proporzione aritmetica di detta forza, doppia, tripla, quadrupla ec.? Egli ha cercato di spiegare in qualche maniera tal cosa; e come nulla sfugge alla sua sagacità, ha toccato con molta giustezza un punto, che a mio giudizio ancora può valere molto a rendere ragione del fenomeno. Non mi tratterrò io qui a ragionarne, per non dilungarmi troppo; tanto più che essendo senza dubbio nota a voi, mio Signore, questa nuova opera di De Luc, avrete presenti sì le sue idee (molte delle quali invero troppo ipotetiche, e trascendenti), che le serie di sperienze, parte da lui fatte, parte progettate soltanto, che riguardano l' elettrometria. Soggiungerò solo, che ella è ancora più mirabile questa gradazione esattamente corrispondente alle forze dell' elettricità ne' miei microelettroscopj a semplici paglie, poichè comincia dal bel primo grado, e siegue fin oltre ai 20, siccome ho fatto vedere; laddove per i quadranti elettrometri non comincia che dai 14,

o 15 gradi all' insù, venendo meno al di sotto di tal termine, e massime pei gradi primi primi, in modo, come già ho fatto osservare, che per cinque veri non ne segue il pendolo che tre, e per tre appena uno, o poco più.

La qual variazione pe' gradi inferiori, anzi infimi, non pare che sia stata notata dal Sig. De Luc, ed è pur tale, che può indurre in grandissimi errori, e riesce sommamente incomoda, perciò appunto che cade sul bel principio della scala. Non è già ch' io non abbia con esperienze le più accurate trovata la correzione che dee farsi anche quì per ciascuno di questi gradi inferiori ai 15, e ch' io non sappia quindi valutarli al giusto, quando l' occhio arriva a ben discernerli; ma è pur disgustoso, che un tal elettrometro sia così duro a muoversi da principio, quando anzi vorrebbesi che fosse più sensibile, sicchè non segni, o segni appena un grado per un' elettricità, che dovrebbe farlo andare a tre circa, e così poi non segni che una frazione indiscernibile, o quasi, per un' elettricità di uno e di due gradi. Ma di ciò avrò luogo di parlare ampiamente allorchè ne' miei *Saggi di Elettrometria* verrò a descrivere l' istrumento con tutto ciò che riguarda sì la sua costruzione, che il suo miglior uso, e soprattutto la correzione dei gradi.

Quello che fa al presente mio argomento, e che ho in vista di proporre quì, si è la riduzione del quadrante elettrometro ad un rapporto determinato col micro-elettrometro, ossia elettromettro più sensibile ch' io ho disegnato per elettrometro fon-

damentale, in maniera che ogni grado di quello (intendasi ridotto colla correzione al suo giusto) corrisponda e. g. a dieci gradi di questo. Io ho portato facilmente il mio quadrante-elettrometro a un tal segno, armando l'estremità del suo pendolino (che è di una paglia di mezzana grossezza, lungo quattro pollici, e scorre tra due semicerchi graduati di due pollici di raggio), d'un globetto di midollo di sambuco del diametro di tre linee circa. Or tal grossezza della pallottola, ben rotonda, e liscia quant' è possibile, basta, perchè non isputi l'elettricità, se non portato il pendolo d'alcuni gradi sopra i 40, che valgono, giusta l'anzidetto ragguaglio, 400 gradi del micro-elettrometro.

Ma l'elettricità a questo segno non è per anco molto forte: essa non arriva neppure ad un terzo della carica, che può sostenere una boccia ordinaria di Leyden. Ho dunque diversi quadranti elettrometri alquanto men sensibili, cioè a palla più grossa, i quali non ispruzzano ancora l' elettricità forte a segno di sollevare il pendolo a 70 gradi del lor quadrante; e di questi mi valgo per misurare l' elettricità più intensa, facendo le debite correzioni, giusta le mie tavole, per tutti i gradi al di sopra dei 35, e massime dei 40. Convengo però che se si potesse far senza di tali correzioni, e giudicare a dirittura dei gradi dalla semplice ispezione, fora assai meglio; quindi è, che adottando ciò che propone il Sig. De Luc nell' opera di già citata, più volentieri m'appiglio all'espediente di costrurre, per la misura di quelle elettricità che an-

derebbero ai 50, 60, 70, e più gradi, un altro elettrometro con palla assai più grossa ancora, il quale riesce così anche men soggetto a disperderla con ispruzzi spontanei. Questo pendolo dunque vuolsi caricare d' una palla così grossa, che non abbia egli mai nè a sputare, nè ad oltrepassare, per la più forte carica che si può dare ad una boccia di Leyden, i 35, o al più i 40 gradi del suo quadrante: e allora cesserà il bisogno d' ogni correzione fino a tal punto; e al più una picciola se n'avrà a fare per que' pochi gradi che stan sopra ai 35. Ciò ritenuto, vuo' ridurne uno al segno, che per cinque gradi del primo quadrante elettrometro suo compagno, non marchi che un grado solo (*a*) (mettendoli così nell' istesso rapporto in

(*a*) Riuscirebbe difficile, anzi impossibile d' ottenere il rapporto giusto di un grado dell' un quadrante elettrometro con cinque dell' altro, qualora ristringer ci volessimo a soli cinque gradi di questo, e sei di quello; attesochè han bisogno i cinque gradi primi in ciascuno di tali elettrometri di molta correzione, e il primo primo non solo ne richiede dipiù, ma è indiscernibile per se stesso, anzi nullo, in quanto che per un grado solo non si alza punto il pendolo, siccome ho mostrato di sopra. Adunque conviene far salire ambedue i quadranti elettrometri, che vogliam ridurre a corrispondersi nel detto rapporto di uno a cinque gradi, assai più alto, cioè a 30, o 35 il primo più sensibile (pe' quali gradi così non accadrà di fare alcuna correzione), e corrispondentemente a 6 o 7 il secondo destinato a misurar l' elettricità più forte, ritenendo per cotesti 6 o 7 gradi la debita correzione, la quale giusta le mie tavole, vuole che per 6 gradi giusti

cui stanno tra loro gli altri miei due elettrometri a boccetta). Un grado allora di questo quadrante elettrometro secondo ne avrà 10 del secondo a boccetta, e 50 del primo fondamentale; così 35 ne verranno corrispondentemente 350 di quello, e 1750 di questo; in fine 40 (con piccola correzione) 400 dell'uno, e 2000 dell'altro: alla qual forza non giunge mai la carica di una boccia di Leyden; essendo la massima che può portare, senza o scaricarsi spontaneamente, o venire spezzata (secondo che ho potuto computare) di qualche centinajo di gradi al disotto degli anzidetti 2000.

Ma se tanto, e non più di forza può sostenere la boccia di Leyden, una molto maggiore ancora di tali 2000 gradi ne può ricevere e ritenere un semplice conduttore perfettamente isolato, liscio, e senz'angoli, il quale ascende sovente ad un segno assai più alto: e chi può dire fino a qual intensità giunga, allorchè vibra la scintilla piena a 24 e più pollici di distanza, come nelle migliori macchine elettriche d'Inghilterra, e singolarmente nella sì grande, e magnifica del gabinetto di Teyler a Harlem (*a*)? A misurare la forza, non dirò di

---

il pendolo ne segni sul quadrante un poco meno di quattro e mezzo, e per sette cinque e mezzo prossimamente.

(*a*) Di questa superba macchina, de' suoi prodigiosi effetti, quanto alla copia, e forza dell'elettricità che produce, e di alcune serie di bellissime sperienze, e molto istruttive intraprese con essa, ce ne ha dato una compiuta descrizione il Signor Van Marum Direttore del Gabinetto

un'elettricità cotanto strepitosa, ma d'una che faccia scoccare attraverso l'aria la scintilla guizzante pur solo alla distanza di 14, o 15 pollici, non credo che vi possa essere quadrante elettrometro, che vaglia; poichè, come impedire che esso effonda con ispruzzi da questo, o da qual lato un elettricità sì intensa? È dunque necessario di ricorrere a qualche altro elettrometro di diversa costruzione, e forma. Io vado studiando qual potrebbe essere il migliore, e già da gran tempo ho portato il pensiero sopra d'uno simile a quello dei Sigg. Le Roy, e D'Arcy, descritto da quest'ultimo nelle Memorie dell'Accademia Reale delle Scienze per l'anuo 1749. Penso dunque a farlo io pure a foggia di *areometro* o *pesa-liquori*, con in cima alla sua asta graduata non già un piattello, come propongono i due sullodati accademici, poichè l'elettricità molto forte spruzzerebbe dagli orli, ma sibbene un' ampia sfera cava, sopravanzante intieramente, sebben di poco, l'acqua o l'olio, in cui, secondo che troverò meglio, pescherà la parte inferiore dello strumento. Ben si vede che questa palla, a misura che verrà spinta dalla ripulsione elettrica, solleverassi più alto, e trarrà fuori bel bagno una tanto maggior porzione della sua asta graduata, quanto l'elettricità sarà più forte.

---

medesimo, il quale ha egli progettata e diretta l'esecuzione di tal macchina, e fatte quando da se, quando in compagnia d'altri valenti Fisici cotali sperienze.

Un sì fatto elettrometro non saprei dire in vero, se, e fino a qual segno possa riuscire *comparabile*. Lo giudico però per più d' un capo preferibile a quello del Sig. Lane, il quale è atto soltanto a misurare la distanza, a cui viene a scoppiare la scintilla tra due palle metalliche di una data grossezza, ed è chiamato perciò *spincterometro*. Checchè ne sia di tutto questo, osservo, e voi ne converrete meco, Signore, siccome pure tutti quelli che sono nella scienza elettrica versati, che non interessa poi tanto di poter misurare con tutta esattezza sì fatti gradi eccessivi di elettricità, a cui non può giugnere mai la carica di una boccia di Leyden, e molto meno quella di una batteria, come importa di misurare i gradi medj, e piccioli, entro i quali si limitano per lo più le nostre sperienze.

S' ella è così, contentiamoci, per ora almeno, dei due quadranti elettrometri proposti, il primo dei quali misuri co' suoi gradi fino ai 35, od anche ai 40 altrettante decine di gradi dell' elettrometro a boccetta più sensibile, e il secondo per ogni suo grado ne dia 5 di quello, e corrispondentemente 50 dell' altro: contentiamoci, dico, di salire così con una scala comparabile fino ai 1750, e con picciola correzione fino ai 2000 gradi. E chi ardirà di dire, che si sia fatto poco con ciò? Forsechè i *termometri* vanno a un numero di gradi maggiore? parlo di gradi perfettamente comparabili. Forsechè non restano addietro tutti i *termometri*, e *pirometri* dai gradi massimi di calore, che la natura, o l' arte sa produrre? del resto an-

che tali gradi massimi di elettricità misurar si possono, comunque all' ingrosso, non che dal ..ro e fragore della scintilla, da diversi altri segni esterni, quali sono l' estensione della sfera d' attività, i pennoncelli spontanei, il venticello, l' odore; come altresì dagli effetti più o men grandiosi sopra diversi corpi, e. g. dalle scosse, dalle accensioni, fusioni ec.; in quella maniera che i gradi dell' intensissimo calore si misurano appunto, anch' essi all' ingrosso dal colore, e stridore delle vampe, dalla distanza a cui si fa sentire, e dagli effetti di fondere, calcinare, vetrificare ec.

Or vengo a proporre un' altro modo che ho immaginato di rendere comparabili i quadranti elettrometri indipendentemente dal confronto coll' elettrometro a boccetta. Si sa che, acciò la scala di uno strumento sia perfettamente d' accordo, e coincida grado per grado con quella di un' altro, bisogna trovare due termini fissi, e invariabili, come son quelli per esempio della fusione del ghiaccio, e dell' ebollizione dell' acqua per la scala del termometro; e dividere poi conviene in un dato numero eguale di gradi l' intervallo tra questi due termini. Ora per l' elettricità, noi abbiamo già, senza cercarlo, un termine fisso da cui partire, che è il *zero* di elettricità, ossia la niuna ripulsione elettrica, la quiete del pendolino nel nostro quadrante elettrometro. Non abbiam dunque bisogno, che di trovare l' altro termine, cioè un grado fisso, e invariabile di forza elettrica: trovato il quale altro non resterà, che di fargli coincidere un

determinato grado del quadrante elettrometro ; e così la scala avrà una regola certa , e fissa ; e quanti istromenti si costruiscano di questa maniera andran tutti d'accordo . Or io mi lusingo di poter fissare invariabilmente questa tal forza elettrica col determinare la quantità di ripulsione , che ne nasce tra due date superficie metalliche . Sia dunque un piattello d'ottone di cinque pollici e. g. di diametro, e tre, o quattro linee di grossezza negli orli, sospeso con lunghi cordoncini di seta ad un braccio di bilancia (tenendo così luogo d'una delle coppe), e riducasi all'equilibrio : ciò fatto, senza movere la bilancia dal giudice, venga tal piattello a posare sopra un'altro simile in tutto a lui, e sorretto da una colonnetta isolante. In questo stato, se con una boccia di Leyden, o in altra maniera, s'infonda ne' due piattelli qualche elettricità, tosto il superiore verrà spinto in su, e allontanato dall' inferiore , onde vedrassi la bilancia traboccare dall' altra parte . Or si carichi quel piattello del peso di un danaro, di due, di tre ec.; è chiaro che ci andrà maggior forza elettrica per cacciarlo in alto, secondo che troverassi aggravato da maggior peso; siccome è chiaro, ed evidente, che caricandolo sempre dell' istesso peso , richiederassi pur sempre l'istessa forza elettrica a sollevarlo un tantino, sicchè la bilancia ne dia cenno. Se pertanto determinisi con precisione sì la superficie, che si vuol dare ai due piattelli, che il peso il quale dee venir superato dalla repulsione elettrica di quelle date superficie piane poste al contatto, si avrà una

forza di elettricità parimenti determinata, cioè quel grado fisso, che cerchiamo. Allora facciasi, che a tal grado ne coincida uno pur esso determinato del quadrante elettrometro, a cagion d' esempio il 20 il 30, e il tutto sarà ridotto al segno.

Sarà spediente di fissare un grado alto anzi che nò, affine che l' esperienza abbia più latitudine, non però sopra i 35, al di là del quale termine non son più tra loro comparabili i gradi del quadrante elettrometro senza qualche correzione. Io dunque sceglierei il 30, o il 35.

In qual maniera poi si possa da ognuno, che vorrà mettere d'accordo il suo strumento col mio, ridurlo cioè al segno di marcar giusto i 30, o i 35 gradi, che saranno stati fissati, tostochè il piattello del dato diametro, è gravato del dato peso (delle quali cose tutte dovrà convenirsi) comincia a sollevarsi, e la bilancia fa cenno di traboccare, in qual maniera, dico, si possa un tal accordo del quadrante elettrometro colla bilancia ottenere, è facile il comprenderlo : e' si dee procedere a tastone. Comincisi a provare con un quadrante elettrometro, che abbia la pallottola di mediocre grossezza; e se si vede, che con quella data forza di elettricità, che leva appena il piattello, il pendolo resti più basso dei 30 gradi, che suppongo essere stati fissati, si cambj la pallottola con una più leggiera; se all' incontro viene che s' alzi troppo, si sostituisce una pallottola più pesante; e così provandone varie si troverà finalmente quella, che va al segno.

Convenuto dunque che avremo di queste tre co-

se, del diametro che si vuol dare ai piattelli, del peso onde andrà gravato quel d' essi che tiene alla bilancia, e del grado cui dee segnare il quadrante elettrometro per quell' elettricità che vince appena tal peso, riusciranno tutti gl' istrumenti di questa specie comparabili, cioè d' accordo tra loro, nulla meno di quel che lo riescano i termometri. Dirò di più, ch' io confido tanto in questo mezzo, che preferire lo vorrei a quello da me già proposto di sopra, di ridurre cioè il quadrante-elettrometro a un dato rapporto coi gradi degli elettrometri a boccetta; e che in luogo di fissar uno di questi per elettrometro fondamentale, penso a costituir piuttosto quello per norma, e a ridurre quindi al desiderato rapporto con esso lui tanto i detti elettrometri a boccetta, destinati a misurare i piccoli gradi di elettricità, quanto un secondo quadrante elettrometro, dico, che serva per l' elettricità molto forte, e potendosi anche quello a foggia di *pesaliquori* per la fortissima. Non sarà difficile infatti di ridurre prima un di quegli elettrometri a boccetta, e a paglie grossette al segno di marcare un doppio numero di gradi di tal quadrante elettrometro fondamentale, cioè 20 per 10, 16 per 8 ec., indi di ridurre l'altro pure a boccetta, e a paglie sottilissime a segnare cinque gradi per uno del compagno, e dieci per conseguenza per uno del quadrante elettrometro già detto: siccome non lo sarà di ridurre un secondo quadrante elettrometro, mercè il caricarne il pendolo di grossa palla, a segnare cinque volte men gradi dell' altro fondamentale, cioè 6 per 30 ec.

Più difficile riuscirà per avventura il proseguire la gradazione sempre comparabile più in su coll' altra foggia di elettrometro galleggiante, che ho soltanto accennato; ma già ho fatto osservare che di ciò non abbiam tanto bisogno. Saremo dunque contenti, il ripeto, della divisata serie di elettrometri, di un pajo cioè a boccetta, e d'un'altro pajo a quadrante, coi quali saliamo a ben 2000 gradi: e molto più saremo contenti, poichè parlando di questi gradi, non più indeterminati, ed arbitrarj (come lo furono infino ad ora, che ciascun Fisico si serviva d'un elettrometro, e d'una scala fatta a fantasia), ma fissi, e corrispondenti, c' intenderemo perfettamente.

Dopo una sì lunga, ma spero non inutile digressione sugli altri elettrometri, ritorno a quel sì delicato a boccetta, di cui mi era proposto unicamente di parlare in questa lettera, con farvi parte de' miglioramenti, e delle aggiunte che vi ho fatte. Veduti avete fin qui i miglioramenti sostanziali, e intrinseci; resta ch' io v' informi d'uno in certo modo estrinseco ossia accessorio, giacchè non appartiene propriamente all' elettrometro come tale, riducendosi piuttosto ad un artificio, onde render atto cotesto strumento a dar segni di un' elettricità estremamente debole, sicchè con tutta la sua sensibilità ei non potrebbe senza quell' ajuto manifestarla. Quest' artificio, voi forse già l' indovinate, consiste a riunire all' elettrometro medesimo il *Condensatore*. Solamente un anno dopo ch' io ebbi pubblicato nelle Transazioni Anglicane cote-

sta mia invenzione del Condensatore dell' elettricità, mi suggerì di unirlo immediatamente, e farne un corpo solo coll' elettrometro a boccetta, nel modo che or ora dirò. Il Sig. di Saussure pensò anch' egli, non so se prima, o dopo, ad un simile artificio; adoperando però diversamente. Vide che potea profittare della lastra metallica da lui posta per fondo alla sua campanetta di vetro, facendole far l'ufficio di piatto del condensatore, col posarla sopra un piano di marmo ascintto, sopra un taffettà verniciato, sovra un incerato, od altro qualunque *semi-coibente*. Vide cioè, che toccando e. g. con una boccia di Leyden debolissimamente carica cotesta base metallica dell' elettrometro, in tempo che stassi con tutta la piana superficie applicata all' altra snperficie *semi-coibente*, vi si raccorrebbe in molto maggior dose l'elettricità della boccia medesima, che se detta base o lastra si trovasse perfettamente isolata, come ho ampiamente dimostrato nella mia memoria sopra il Condensatore; e che quindi levato in alto pel suo uncino, o cappello l'elettrometro, essa lastra o base metallica dispiegando una forza elettrica corrispondente alla quantità condensatavi, farebbe divergere in ragione di detta forza i pendolini, cioè molto più, che se infusa si avesse immediatamente l' elettricità della boccia all' elettrometro, senza fargli fare la funzione di condensatore. Per poter poi agevolmente toccare col pomo di una boccia di Leyden, o con altro corpo elettrico di qualunque figura il fondo metallico dell' elettrometro conve-

nientemente posato, il Sig. di Saussure vi inserisce un fil d'ottone, od oncinetto che risalta di alcune linee.

Non ho difficoltà a convenire, che l'esperienza riesca molto bene in questa maniera, e che si renda per tal mezzo sensibilissima un'elettricità, che altrimenti resterebbe impercettibile affatto. Ma sostengo, che la mia maniera (e ognun potrà provare s'io dico il vero) è assai più comoda, e più sicura: ecco qual è. Adatto a vite un piattello di due pollici circa di diametro al bottone del mio elettrometro; ed applico ad esso piattello, allorchè voglio condensarvi l'elettricità, il piano di marmo, l'incerato, il taffettà, o quel qualunque corpo semicoibente che trovo più a proposito. Per maggior mio comodo mi servo ordinariamente d'nna zona di taffettà cerato, o verniciato, che forma come un mezzo guanto aperto d'ambi i lati, nel quale entrano quattro diti riuniti della mano: con questi diti così fasciati io copro, e premo alquanto quel piattello posto in cima all'elettrometro, intanto che il medesimo riceve da un lato, o per di sotto l'elettricità, sia da una boccia di Leyden, sia da un altra sorgente qualunque. Infine ritirata la boccia, o qual siasi il corpo elettrizzante dal contatto del piattello, ne levo via anche la mano coperta del suo guanto, con prestezza (giacchè la prestezza contribuisce molto al buon successo): e allora veggio i pendolini balzare con vivacità, e prendere quella divergenza, che l'elettricità condensata nel piattello, di cui sono dipendenze, può loro dare.

Volendosi far senza della fascia, o guanto, e impiegare la mano nuda, basterebbe vestire di taffettà il piattello medesimo; ma ho provato, che non riesce sempre così bene la sperienza.

Del resto nè il piattello, nè quella specie di guanto non riescono di alcun imbarazzo, potendosi il primo svitare, e armare invece sua l' elettrometro di un uncino, di un' asta puntuta, o d' altro, secondo le occorrenze; e potendosi fare esso piattello di tal grandezza, e forma, che abbracci, e serri come il coperchio d' una scatola l' altro piattello, o fondo metallico dell' elettrometro medesimo; onde non venga questo sì comodo, ed elegante stromento ad occupare maggior sito in tasca, e meglio nella sua custodia, nella quale potrassi altresì rinchiudere senza perdita di luogo, il guanto di taffettà, aperto, come si e detto, d' ambi i lati, adattandolo in modo, che cinga giusto qual fascia la boccetta.

Per dare ora un' idea dei vantaggi di questo *Condensatore elettrometro* vuo' dire dell' innesto dell' uno sopra l' altro, dirò, che non si riducono già semplicemente al comodo di aver tutto riunito in un piccolo volume; ma che si ottiene sovente mercè di una tal riunione, e modo compendioso di sperimentare, ciò che non ci è dato d' ottenere usando di un buon condensatore, e di un non men buon elettrometro separati. Un esempio porrà la cosa in chiaro, premesse alcune osservazioni sulla virtù propria d' ogni condeusatore, e sulle modificazioni di essa in ciascuno di tali apparati secondo la natura, e lo stato del piano semi-coibente.

Quando pubblicai nelle memorie già citate questa mia invenzione del Condensatore, sebbene non tralasciassi di spiegare, singolarmente nella 2.ª parte di quella inserita nelle Transazioni Anglicane, come e per qual ragione il piatto metallico, allorchè posa sul piano di marmo, od altro *semi-coibente*, atto sia a raccorre nel suo seno molto maggior dose di elettricità, che non quando trovasi isolato in aria, in una parola goda in quello stato assai maggiore *capacità;* e ne dimostrassi la vera causa nell'azione delle atmosfere elettriche, per cui smosso il fluido del piano *semi-coibente*, riducesi questo ad un'elettricità contraria a quella del piatto, e la contrappesa in certo modo: sebbene, dico, non tralasciassi di spiegare tutto ciò assai estesamente, non venni però a determinare fino a quanto crescesse o potesse crescere una tale *capacità*, e fino a quanto per conseguenza venisse condensata di questa maniera l'elettricità; contentandomi di dire, e di provare con evidenza di sperienze, che la cosa andava a un segno ben alto, massime per l'elettricità debolissima; la quale elettricità dall'essere pressochè impercettibile, oppur anche insensibile affatto, sorger io la faceva al grado di scintillare fortemente. Da ciò io aveva bensì giudicato all'ingrosso, che la condensazione dell'elettricità nel piatto, che la riceve stando combaciato col suo piano *semi-coibente*, giugnesse a più di 100 volte; ma se a 200 a 300 a 400 non avrei saputo indovinarlo. Non fu dunque che qualche tempo dopo, ch'io immaginai diverse sperienze, onde poter determinare qualche cosa di più pre-

ciso. Tra le molte maniere da me tentateeccovi quella, che mi pare, e più diretta, e men sottoposta ad errore.

Carico una boccia di Leyden di mediocre grandezza, avente circa un mezzo piede quadrato di armatura, così debolmente, che provocandola alla scarica potria appena dare una scintilluzza, e che alza l'elettrometro mio più sensibile e. gr. a soli 15 gradi. Questa boccia toccando uno scudo d'elettroforo, che serve egualmente da piatto del condensatore, e che ha 10 pollici di diametro, toccandolo in istato d'isolamento perfetto, vi perde così poco della sua carica, che non decade per avventura di un decimo di grado, elevando intanto il piatto stesso ad una forza eguale alla sua, vale a dire presso a 15 gradi: e ciò per essere la capacità di questo un nulla quasi rispetto alla capacità di quella. Ma non accade già così, ove esso piatto posi sul piano di marmo asciutto, e la boccia venga a toccarlo: in questo caso ho trovato, che essa perdeva un buon terzo della sua carica, e componevasi col piatto medesimo a 10 gradi; onde era facile concludere, la capacità della prima essere soltanto doppia di quella del secondo. Assicuratomi dunque, coll'esplorare mediante l'elettrometro il residuo di carica della boccia, che il piatto giacente sul suo caro piano ha 10 gradi di elettricità, lo balzo in alto, per ridurlo da quella straordinaria alla naturale sua capacità; e allora è, ch'ei mi dispiega tale, e tanta forza elettrica, che spruzza da tutti i lati, sebbene abbia gli orli ritondati, talchè sapendo io per altre pro-

ve, che cotesti spruzzi spontanei non si eccitano che da un elettricità forte almeno di 100 gradi (70 circa senza correzione, che colla correzione vagliono 100) del mio quadrante-elettrometro, che sono poi 1000 dell' elettrometro a boccetta più sensibile, giudico sicuramente, che la condensazione dell' elettricità è andata oltre a 100 volte. Ma e di quanto oltre? Ciò è che io volea sapere; ma per venirne a capo conveniva impedire la dissipazione in isprùzzi di quell' elettricità, che già più non può capire nel piatto: or eccovi il mezzo facile, che mi suggeri.

Feci che al primo alzarsi il piatto incontrasse una catena pendente da un conduttore isolato abbastanza capace, e alla cui estremità era annesso il quadrante-elettrometro: così il piatto invece di profondere nell' aria l' elettricità eccessiva, di cui dee necessariamente sgravarsi, la comunica all' altro conduttore, che tutt' assieme contenere la può. Io avea già prima cercato qual fosse la capacità di questo conduttore, e l'avea trovata tre volte maggiore di quella del mio patto (avea osservato p. e. che elettrizzato quello a 40 gradi del suo quadrante-elettrometro, facendoglisi toccare il piatto non elettrizzato, scendeva a 30, e corrispondentemente elettrizzato questo a 40 gradi, e portato in contatto di quello montava l'istesso quadrante-elettrometro a 10). Con questi dati io era certo, che il numero de' gradi a cui nella divisata esperienza salirebbe il quadrante-elettrometro non potrebbe essere che un quarto dei gradi di elettricità che dispiega col venir alzato il piatto solo. Ora io osservai, che veniva il quadrante

elettrometro poco più, poco meno a 30, dunque l'elettricità del piatto solo era di 120, ossia 1200 del primo elettrometro a boccetta; e però, sendo che la carica del piatto posato non segnava che 10 gradi, doveva conchiudersi essere la medesima inalzata ad un' intensità 120 volte maggiore.

Ho variate le prove, caricando ora la stessa boccia di Leyden, ora altre più grandi, o più piccole, ad un numero maggiore, o minore di gradi, d' ordinario però meno di 15 (per la ragione, che una più forte elettricità facilmente vince la piccola coibenza del marmo, e vi penetra; onde si perde in qualche parte); così pure variando, e il piatto, e l'altro conduttore, sicchè risultassero altri rapporti di capacità; ed ho trovato, quando le cose erano in buon ordine, quando soprattutto il marmo era sufficientemente asciutto, che tali prove corrispondevano, dandomi comunemente la stessa condensazione dell'elettricità di circa 120 volte. Ho voluto anche far senza del conduttore, e del quadrante-elettrometro, riducendo la cosa a maggiore semplicità: ho dunque caricata la boccia di Leyden, di mezzo piede quadrato d' armatura, ad un solo grado dell' elettrometro più sensibile; e toccato con essa l' istesso piatto adoperato di sopra di 10 pollici di diametro, e giacente al solito, previdi che la carica in ambedue dovea, come sopra, ridursi a due terzi della prima; e fu infatti così, mentre venne, quanto almeno potè giudicar l' occhio, a due terzi di grado. Or bene, alzando il piatto ei mi diede un' elettricità di circa 80 gradi, che potei misurare, senz' altro

soccorso, col secondo elettrometro a boccetta. Ma se qnesta prova è più semplice, e diretta, ella è d'altra parte troppo delicata, difficilmente potendoci assicurare che sia la carica della boocia precisamente d'un grado: il che se non è, se si commette l'errore di un quarto di grado, od anche solo di un ottavo, diverrà come si vede, un' errore notabile nella moltiplica, che dee farsi; laddove nelle sperienze quì sopra, partendo da una carica di 10, 12, 15 gradi, e potendo l'occhio distinguere fino un quarto di grado, l'errore non potrà essere al più che di un quarantesimo del totale.

Le prove dunque, che ho fatte in diverse maniere, hanmi mostrato, che la condensazione di un apparato di questo genere (formato di una lastra di marmo, e di un piatto metallico ben adatti) va a 120 volte circa; dico circa, perchè ho pur trovato alcune piccole variazioni, anche ponendo cura, che tutte le circostanze fossero eguali. Che se variino queste notabilmente, i risultati si allontaneranno prodigiosamente dal termine che ho fissato, e tra di loro. Le circostanze, che più influiscono sono la materia stessa del piano semi-coibente, lo stato di maggiore, o minore secchezza, in cui esso si trova, e la celerità dell'operazione.

Quanto a questa dirò solo, che c'è grande vantaggio, massime allorchè il piano pecca per essere troppo deferente, a levare in alto il piatto metallico al momento stesso (non mai prima però, e conviene a ciò badar bene), che si è ritirata la boccetta.

Riguardo la materia del piano inferiore, il marmo è ancora uno dei migliori corpi, ch'io mi abbia trovato. I legni ben inverniciati condensano un poco meno, e molto meno ancora i piatti di legno, o di metallo incrostati di resina; e la ragione è, che il fluido elettrico non potendo venire smosso in quelle superficie troppo coibenti, lo è solamente più sotto, dove cioè termina tal incrostatura; in grazia del qual intervallo non può così bene contrappesare l'elettricità nel piatto metallico soprapposto, e fare che vi si accumuli in tanta dose. Ad ogni modo il *taffettà* inverniciato essendo assai sottile, condensa presso a poco quanto il marmo, ed è per altri riguardi preferibile: soprattutto per quello, che non ha bisogno quasi mai d'essere asciugato al sole, o al fuoco; come d'ordinario ha bisogno il marmo, in modo che questo senza di tal preparazione condensa pochissimo, e il più delle volte nulla affatto.

È dunque la secchezza un articolo di somma importanza pel marmo, pe' legni secchi non verniciati, ed anche pe' verniciati, pel panno, che può servire pur esso di piano condensatore, siccome altri drappi, pel cuojo ec. di tale importanza, che la differenza va per poco dal tutto al niente. Or quando ho detto, che sendo il pian di marmo in buon ordine, la condensazione va circa a 120 volte, ho inteso del marmo asciugato discretamente, nè troppo cioè, nè poco; perchè poi nuoce anche il troppo, rendendosi troppo coibente, molto più sovente però gli è il troppo poco, che fa che non condensi

punto, come ho detto, o sol 40, o 60 volte. Cogliendo il punto giusto mi è riuscito più d'una volta di condensare assai più, cioè 160, 180, e fino 200 volte. Ma non volendo far caso di questi accidenti troppo rari, mi attengo per un verosimile alla condensazione sopra indicata di 120 volte, cui sono sicuro d'ottenere impiegando, e nel preparar il piano perchè serva all'esperienza, e nell'eseguirla, una discreta attenzione.

Vengo ora all'esempio, che ho voluto proporre, per mostrare di quanto vantaggio riesca il combinare nel modo già indicato in un sol corpo l'elettrometro, e un piccolo condensatore. Sia una boccetta di Leyden piuttosto piccola, e sì poco carica, che toccandone coll'uncino l'elettrometro nostro più sensibile gli faccia segnare un sol grado. Abbiasi inoltre un buon condensatore formato all'ordinario d'un piano di marmo ben asciutto, e d'un piatto d'ottone che s'adatti a dovere. La grandezza di questo piatto sia tale, che allorchè posa sul suo piano, goda di una *capacità* eguale a quella della mentovata boccetta di Leyden: il che si avrà, se la faccia di codesto piatto, che applicasi al pian di marmo, conti presso a poco tanti pollici quadrati, quanti ne ha di armatura la boccetta di Leyden. Stando così le cose, si tocchi con tale boccetta tal piatto mentre posa; e la carica di quella si comunicherà per metà a questo: sarà dunque in ambedue di un mezzo grado (supposto il marmo ben asciutto, sicchè nulla vi sia penetrato di quell'elettricità, nè punto siasene disperso). Ora si levi il

piatto dal marmo: se la virtù di questo nostro condensatore trovisi tale, che innalzi i segni dell'elettricità a un grado 120 volte maggiore, che è il termine ordinario, come ho mostrato, se, dico, la condensazione è stata di 120 volte, cotal piatto metallico staccato dal piano di marmo dispiegherà dunque un'elettricità di 60 gradi. Se non che comunicandola all'elettrometro, diminuirassi ancora in ragione della capacità di questo, la quale capacità supposta ex. gr. un quinto di quella del piatto ridurrassi l'elettricità a soli 50 gradi.

Facciamo adesso la prova nell'altra maniera più semplice, e spiccia, lasciando cioè da parte stare il pian di marmo col suo piatto d'ottone, e facendo far l'officio del condensatore immediatamente al piattello adattato in cima dell'elettrometro, come ho indicato. Questo piattello, supponiamo che sia quattro volte più piccolo di quello dell'altro condensatore che fa da se; e così abbia, allorchè vi si tien sopra applicato colla mano il taffettà verniciato, una capacità quattro volte minore della stessa boccetta di Leyden, che ha servito all'esperienza precedente. Se questa avrà ora pure la stessa carica di 1 grado, venendo a toccare il piattello, ridurrassi tal carica in ambedue, com'è facile di calcolare, a quattro quinti di grado. Or dunque facendo arrivare la condensazione dell'elettricità, come quì sopra, a 120, dispiegherà il piattello, allo snudarlo del taffettà, 96 gradi; e tanti, o se non tanti, poco meno ne segnerà l'elettrometro, sendo i pendolini immediatamente connessi col piat-

tello medesimo: dico *poco meno*; perchè debbe pure considerarsi la capacità de' pendolini stessi, la quale è ben piccola cosa rispetto a quella del piattello. Dal che si vede, che il guadagno, adoperando in questa maniera, è quasi del doppio, ottenendosi da 96 gradi in vece di 50.

Adducendo altri casi, in cui ex. gr. il piatto del condensatore che giuoca separatamente fosse più grande, ed avesse, allorchè sta posato sul suo piano, maggiore capacità della boccetta di Leyden; da cui gli vien comunicata l'elettricità, vedrebbesi che sono sempre più sfavorevoli cotesti casi per tal giuoco separato; e quindi risalterebbe vie maggiormente il vantaggio di combinare i due strumenti, il condensatore cioè, e l'elettrometro in uno.

Di vero io ho trovato tali, e tanti vantaggi in questo semplice artifizio, che dal momento che mi suggerì, e che lo misi in pratica, me ne son servito sempre, e me ne servo tanto per l'elettricità naturale, quanto per l'artificiale. E vi par poco di poter render sensibile l'elettricità di una boccetta di Leyden di un ducentesimo di grado, ed anche di due centesimi innalzandone i segni pel primo caso ad un grado circa, e pel secondo ad un mezzo grado, di cui, se l'elettrometro è ben fatto, può l'occhio giudicare, e puossi anche scoprire di quale specie sia cotal elettricità? Vi par poco, quando la boccetta, o un gran conduttore possegga un' elettricità di un terzo, o di un quarto di grado solamente, e quindi indiscernibile affatto, di poterne coll' elettrometro più delicato ottenere più di 30 gradi, o

più di 20, in modo che, oltrepassando la scala del primo elettrometro più sensibile, venendo cioè a vibrare fili di paglia pendenti fino ai lati della boccetta, che li racchiude, sia mestieri ricorrere al secondo elettrometro a pendolini più pesanti, che segna un grado solo per cinque del primo?

Non parlo d'altri vantaggi, e particolarmente del comodo di sperimentare così, che ho già accennato, e che ognuno vede. Soggiungerò solo, che il taffettà cerato, o verniciato serve benissimo anche ne' tempi umidi, massime ove portisi sovente in tasca; onde non ha mai, o quasi mai bisogno di essere prosciugato al sole, o al fuoco, come le lastre di marmo.

Vi ho trattenuto quanto basta, e temo forse più del dovere, intorno a ciò che riguarda i miglioramenti, e le addizioni da me fatte all'elettrometro portatile di Cavallo, estendendomi qualche volta a cose che riguardano più davvicino l'elettrometria, di cui mi occupo da qualche tempo. Molte più cose avrei a dire sugli usi varj estesissimi di questo prezioso istrumentino da tasca, se ad altri scrivessi che a voi mio Signore, che sì ben le conoscete. Verrò non pertanto intertenendovi della più vantaggiosa maniera, onde me ne servo da qualche tempo, mercè di un altro ritrovato, ossia nuovo artifizio, e dell'uso grandissimo che ne fo, adoperando tal elettrometro or semplice, or combinato col condensatore per le osservazioni soprattutto dell'elettricità atmosferica, e per certe altre dell'elettricità artificiale, che conducono ad isco-

prire la vera origine, e gli andamenti di quella; e sono varie nuove sperienze sull' elettricità prodotta artificialmente colla semplice evaporazione, colla combustione ec. Ma tutto ciò sarà il soggetto di altre lettere, che seguiranno dappresso la presente di già troppo lunga.

Sono intanto ec.

LETTERA SECONDA (1).

Mi lusingo, mio caro Signore, che siate rimasto contento dell' Elettrometro a boccetta da me corretto, e ridotto a quel grado di perfezione, a cui ve l' ho mostrato nella lettera precedente; e son persuaso, che ne abbiate fatto tosto la prova, così facile essendone la costruzione. Ditemi dunque, non è vero che gli è questo un' istrumento prezioso per ogni riguardo? Il suo maggior pregio però io son d' avviso, e voi ne converrete meco, che debba riporsi, anzichè nella grande sensibilità, nell' esatta corrispondenza, e *comparabilità* dei suoi gradi, cui io ho ottenuto col sostituire ai sottili fili metallici terminanti in pallottole di midollo di sambuco due semplici, e nude paglie. Non è già ch' io non faccia gran conto anche di cotale sensibilità; ma riflettendo com' essa arriva già nel nostro istrumento a un segno che basta per le più delicate osservazioni sull' Elettricità atmosferica, e su quella eziandio prodotta artificialmente nelle mie sperienze colla semplice evaporazione, colla combustione ec., riputerei pressochè superflua una sensibilità maggiore: ond' è che

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica, Vol. 2.° pag. 103.

non ne vado neppure in traccia. Lasciando dunque che altri s' occupi, se gli piace, di questo, cerchi cioè di ridurre l' istrumento ad una sensibilità più grande ancora, noi ci atterremo al nostro semplice elettrometro a paglie, disposti non pertanto ad applaudire agli altrui felici successi, massime se siano tali, che alla straordinaria sensibilità non vada disgiunta la *comparabilità* de' gradi, che tanto preme (*a*).

(*a*) Il Sig. Tralles di Amburgo rinomato Prof. di Fisica a Berna, mi disse, in occasione che passò per Como in tempo appunto che io stava scrivendo queste lettere, cioè nel mese d' Agosto 1787, nella quale occasione gli mostrai oltre varie mie sperienze sull' Elettricità prodotta dall' evaporazione, e dalla combustione, l' Elettrometro a boccetta costrutto alla mia foggia, mi disse, ch' egli pensava già da qualche tempo a farne uno assai più sensibile e delicato, sostituendo ai fili metallici, od alle paglie due peli o capelli. Oltre però alla difficoltà di mantenere tai peli diritti, come si richiede, oltre ad altri inconvenienti, è facile vedere che verrebbesi ad incontrarne uno assai considerabile, quale è quello d' essere detti peli più coibenti che conduttori; onde a stento riceverebbero e perderebbero l' elettricità, massime trattandosi de' debolissimi gradi di essa. Meglio adunque si è pensato dal Sig. Bennet inglese, gran dilettante di elettricità, di sostituire due listarelle di foglia d' oro. Il Sig. Zimmermann esimio Naturalista e Prof. a Brunsvic, mio conoscente ed amico da varj anni, ch' ebbi il piacere d' incontrare a Ginevra verso la fine di Settembre di quest' anno medesimo, si fu il primo che mi diede notizia di tale invenzione, e mi assicurò aver egli veduto qualcuno di questi strumenti presso il celebre

A proposito della quale comparabilità, richiesta non solo in questi elettrometri molto sensibili, e

---

macchinista e dotto Fisico Sig. Adams di tale e sì prodigiosa sensibilità che dava segni elettrici al solo soffiare sopra il di lui cappelletto metallico. Finalmente nel mese di Aprile del corrente 1788, mi pervenne la terza edizione dell' *Essay on Electricity* dello stesso Adams, pubblicata sulla fine dell' anno scorso, dove in un supplemento, che contiene molte cose nuove, trovasi anche la descrizione di un tal nuovo elettroscopio sensibilissimo unitamente a varie curiose sperienze fatte con esso.

In vero non si può non riconoscere un grande vantaggio in siffatto strumento il quale ne manifesta a prima giunta l' esistenza dell' elettricità in molti casi in cui difficile riuscirebbe od anche impossibile di scoprirla co' migliori elettrometri a paglie senza ricorrere almeno ad altri artifizj com' è quello del *condensatore;* ma per tutti gli altri casi, ove cotesti nostri elettrometri giungono essi pure a dar segni, saranno sempre da preferirsi per la loro prerogativa d' essere *comparabili:* il che non sì facilmente potrà ottenersi con quello a listarelle di foglia d' oro; il il quale per tal ragione anzichè elettrometro chiamar dovrassi semplice *elettroscopio*, se pur non vogliasi chiamare in riguardo dell' incomparabile sua sensibilità *Micrometro-elettrico*, o *Micro-elettrometro:* nome che d'or innanzi sarà bene riservare per lui solo, chiamando gli altri a paglie semplicemente *elettrometri;* e *quadrante-elettrometro* quello di Henly già da un pezzo conosciuto sotto tal nome.

Nella lettera precedente ho mostrato come per la grand' estensione delle sperienze elettriche son richiesti più elettrometri; quindi io proponeva ad ogni Fisico di provvedersi di quattro, cioè d' un pajo a boccetta, e d' un altro pajo a quadrante, ridotti a tale rapporto fra di loro, che

portatili, ma sibbene ne' *quadranti-elettrometri*, di cui ci serviamo comunemente nelle macchine elettriche, in ispecie per misurare le cariche delle boccie di Leyden, e delle batterie; non voglio lasciare d'informarvi come il progetto da me formato, e nell' antecedente lettera comunicatovi di fissare un de' gradi del quadrante-elettrometro per *grado fondamentale*, e il mezzo ivi proposto di determinare questo grado invariabilmente, han corrisposto molto bene alla prova, che in seguito ne ho fatta. Dirovvi però, che la *ripulsione* essendo troppo picciola tra que' due piattelli di 5 pollici di diametro, talchè

---

il primo di quegli portando paglie sottilissime, ed essendo quindi assai sensibile, lo fosse cinque volte più del suo compagno, cioè segnasse 5 gradi per 1 di questo; questo poi ne segnasse 2 per 1 del primo quadrante-elettrometro; il quale ne segnerebbe similmente 5 per 1 del quadrante-elettrometro secondo; sicchè 1 grado di quest' ultimo venisse a valerne 50 del primo più sensibile a boccetta a paglie sottili. Questi quattro io diceva che basterebbero generalmente al bisogno offrendoci una scala di ben duemila gradi comparabili. Ad ogni modo non ho lasciato di suggerire, all' uopo di misurare un' elettricità straordinariamente forte, un altro istrumento, che chiamar potrebbesi *Megametro elettrico* (così il Sig. De Luc ha già chiamato nell' Opera citata *Idées sur la Météorologie* il quadrante-elettrometro più pesante da lui proposto). Ora perchè nulla più resti a desiderarsi, aggiungerò anche il sopraddescritto *Micrometro elettrico* inserviente all' elettricità stranamente debole: così avrassi con sei strumenti un assortimento, che potrà dirsi veramente completo di Elettrometria.

elettrizzati congiuntamente con una boccia di Leyden carica non già quanto può esserlo, ma a un grado conveniente, appena vincesi il peso di 12 in 14 grani; e soggetta altronde essendo l'esperienza, come si scorge, a qualche varietà, e ciò dipendentemente dallo stato più o men isolante dell'aria; ho trovato assai meglio di rivolgermi all' *attrazione* per determinare il grado di elettricità, che io cercava: la qual attrazione, e si manifesta assai più forte per egual grado di elettricità, che la ripulsione, ed è di gran lunga più costante, non punto soggetta, ove si proceda colle debite attenzioni, ad anomalie. Oltre di che l'esperienza riesce molto più semplice, ed agevole a farsi. Non abbiam bisogno per questa de' due piattelli metallici eguali, bastando un solo, il quale pendente per cordoncini di seta asciutti, e mondi dal braccio di una bilancia sufficientemente delicata, s'affacci parallelamente ad una tavola, o piano qualunque deferente a quella distanza, che trovisi meglio convenire. In generale può scegliersi di 4 pollici, di 3, di 2, di 1, e meno se si vuole: vero è, che qualche inesattezza, troppo facile a commettersi, l'errore e. g. di un quarto di linea, diverrà tanto più considerabile quanto minore si farà la distanza, giugnendo se questa sia di sole 6 linee ad un ventiquattresimo, e ad un dodicesimo, se sia di 3; laddove non sarà lo stesso errore che di un novantaseesimo, e quindi trascurabile, per una distanza di 24 linee.

Ho dunque trovata tale distanza di 2 pollici essere la più conveniente; ed ho veduto, compar-

tendo l'elettricità al suddetto piattello, il quale stia di tanto appunto elevato sopra di un piano deferente, compartendovela; dico col mezzo di una boccia di Leyden carica a diversi gradi (cominciando da una carica capace appena di dare qualche scossa, e giugnendo fino alla più alta, che minaccia di spezzare la boccia stessa), ho veduto nascere un'attrazione di esso piattello verso il piano deferente, valevole ad equilibrare diversi pesi, da 1 fino a 50, 60, e più grani.

Era troppo facile comprendere, che facendo le stesse sperienze con un piatto di un doppio diametro, l'attrazione per un dato grado eguale di elettricità, e per una data distanza, stata sarebbe più grande. Che cotesta attrazione però crescer dovesse giusto come l'area, cioè del quadruplo, presumere ben si potea; ma bisognava verificarlo coll'esperienza: e questo io ho fatto, sostituendone al piattello di 5 pollici di diametro un altro di 10.

Quello, che non era sì facile l'aspettarsi, e che si troverà singolare, è, che non mutati nè piatto, nè distanza, e mutata solo la dose di elettricità, ossia i gradi di carica della boccia di Leyden, con cui si tocca detto piatto per infondervi l'elettricità, l'attrazione di questo verso il sottoposto piano cresca, non già nella semplice ragione di tali gradi, bensì nella *ragione duplicata*. Siffatta legge inaspettata (la quale però si spiega benissimo, fatto riflesso a che, in proporzione che cresce la carica nel piatto toccato dalla boccia, cresce anche

l'elettricità contraria, che contrae, in virtù dell'atmosfera premente di quello, la faccia dell'altro piano non isolato) mi è piaciuto verificarla col maggior numero di prove possibili; una piccola parte delle quali adduco qui solamente per non dilungarmi troppo. Appeso dunque il mio piattello di 5 poll. di diametro alla bilaucia parallelamente ad una tavola in distanza di 2 poll., e comunicatagli l'elettricità con una boccia carica 45 gradi del mio quadrante-elettrometro, che colla correzione (di cui ho parlato nella lettera precedente) valgono circa 50 gradi, trovai che facea alquanto inclinare la bilancia dalla sua parte, gravata essendo la lance opposta di un soprappeso di 24 grani. Or dunque ripetendo l'esperienza con aver prima lasciata decadere la carica della boccia a 35 gradi dell'istesso elettrometro, il peso vinto dall'attrazione fu la metà giusto di prima, cioè 12 grani: diminuita ancora la carica, e ridotta a 25 gradi, il piatto, cui s'infuse cotal elettricità non tirò che 6 grani; e finalmente 3 soli con carica di 17 in 18 gradi.

Nell'istessa *ragione duplicata* ho poi anche trovato, che diminuisce l'attrazione crescendo le distanze, cosicchè a doppia, tripla, quadrupla distanza l'attrazione diventa quattro, nove, sedici volte più piccola: onde ne viene, che per avere un'attrazione eguale ad ogni distanza si richiede, che nella stessa semplice proporzione con cui cresce, o diminuisce questa, cresca, o diminuisca anche la carica della boccia, cioè che sia essa pure

doppia, tripla, quadrupla, per doppia, tripla, quadrupla distanza ec. Lo che ho pure confermato con moltiplici sperienze; le quali, siccome tutte le altre di cui ho già parlato, mi hanno dato sempre de' risultati conformi alle indicate leggi, e tanto più precisi, quanta più diligenza, ed accuratezza vi ho impiegato, e il tempo era più favorevole a mantenere in perfetto stato gl' isolamenti, e alla durata dell' elettricità, richiesta in tutte le delicate sperienze di questo genere.

Cotal legge dell' attrazione in *ragione duplicata* inversa delle distanze era più facile il presumerla, che l' altra della ragione similmente duplicata delle forze caricanti, che abbiam veduto; e ciò dietro l' opinione comunemente abbracciata, che l' azione dell' elettricità sia appunto proporzionale al quadrato inverso delle distanze (*a*). Ma che! s' io mostrerò, che non si verifica ciò; nè per la *pressione* delle atmosfere, la quale, come ho scoperto, è piuttosto in *ragione semplice* inversa delle distanze; nè per la *ripulsione* de' corpi posseduti dalla medesima elettricità? Se mostrerò che neppure per riguardo all' *attrazione* ha luogo generalmente la

(*a*) Quest' opinione han preteso di ridurla con esperienze a dimostrazione Milord Mahon nell' opera *Principles of Electricity*, e più recentemente il Sig. Coulomb in una Memoria sopra questo soggetto inserita nel Giornale di Fisica dell' Ab. Rozier. Essi han battuto diverse strade cui noi abbiamo abbandonato per seguirne una più diretta, e che mena assai più innanzi, come si vedrà.

legge del quadrato di cui parliamo; ma nel solo caso in cui da una parte il piattello viene dalla boccia carica toccato nell' attuale distanza in cui esso si trova, e dall' altra parte il piano deferente a cui s' affaccia comunica costantemente col suolo? E che in questo caso intanto cresce l' attrazione in ragion duplicata dell' avvicinamento, in quanto che a misura di tale avvicinamento contrae più di elettricità contraria il piano comunicante col suolo, cioè a dire si dirada più il fluido elettrico, o più si accumula nella superficie di lui affacciata al piatto elettrizzato, secondo che questo lo è *positivamente*, o *negativamente?* In prova di che in tutte le altre combinazioni; ove cioè o si lasci il piattello colla primiera elettricità somministratagli dalla boccia quando stava esso ad una certa distanza dal piano inferiore, e questa distanza poi si cangi in una maggiore o in una minore; o innanzi di effettuare tai cambiamenti di distanza si tolga a detto piano inferiore la comunicazione col suolo, onde rimanga isolato; o l' una, e l' altra cosa succeda; oppur finalmente si elettrizzi a parte un piattello con elettricità *positiva*, e uno con *negativa*, indi senz' altro si portino ad affacciarsi a varie distanze; in tutte queste combinazioni, dico, non siegue più l' attrazione la *ragione* inversa *duplicata* delle distanze, bensì o la *semplice* o la *subduplicata*, od una che partecipa di queste due; come le molte mie sperienze mi hanno insegnato: le quali inoltre estese a piatti più grandi, or eguali or ineguali, a sfere, a cilindri, a punte, e a varie combinazioni, mi hanno condotto ad

iscoprire diverse altre leggi curiose del pari che nuove (1).

Ma di questo soggetto non più, che forma una gran parte delle mie ricerche di *Elettrometria*, e che svilupperò ne' miei *Saggi*. Ritornando ora al nostro primario scopo, ch' era di determinare con tal genere di prove un grado invariabile di elettricità, e di farlo coincidere con un dato grado del quadrante elettrometro che diventi perciò *fondamentale*, non sarà inutile ch' io vi descriva con qualche maggior dettaglio la mia maniera di fare la sperienza, acciò seguendola voi, ed altri, ottenghiate precisamente i medesimi risultati.

Avendo dunque ridotto come ho detto di sopra il piattello pendente dalla bilancia alla distanza di 2 pollici dal suo compagno che comunica col suolo, o da un altro piano deferente, con porre tutta la cura perchè sia ben esatta tale distanza, e quello rimanga perfettamente parallelo a questo; e ridotta pure avendo in equilibrio la bilancia, sicchè resti, come suol dirsi, in giudice; ne carico l'altra coppa di 12 grani; e perchè non trabocchi, la sorreggo opportunamente. Allora con una boccia di Leyden carica più che mediocremente comincio a dare una

(1) Ciò che quì espone il nostro Autore può servire di risposta alla critica fatta al di lui Elettrometro a pagliette dal Prof. Hallé V. *Exposition abregée des principales expériences répétées par M. Volta, en présence des Commissaires de l'Institut national*, etc. Bulletin des Sciences, par la Société Philomatique, an 10, n.° 58.

scintilla al piattello; ed ecco che questo tira la bilancia, e vincendo il peso di 12 grani la fa traboccare dalla sua parte. Ripeto di tratto in tratto la prova, e sto attendendo, che la carica della boccia, la quale va mano mano indebolendosi, arrivi finalmente a un segno, che l'attrazione elettrica del piattello toccato dall'uncino di detta boccia non sia più da tanto da far traboccare la bilancia, ma appena la inclini un poco. Trovato cotal grado di carica della boccia, passo a toccare collo stesso suo uncino un piccolo conduttore cilindrico, che porta all'estremità quel quadrante-elettrometro che mi propongo di regolare, al cui pendolo è adattata una pallottola di midollo di sambuco della grossezza che richiedesi, perchè s'alzi per codesta forza di elettricità giustamente a 35 gradi della sua scala (che sono gradi di circolo). Per ottener ciò, adatto dapprima ad esso pendolo una pallottola a caso; indi veggendo e. g. che quello va più alto dei divisati 35 gradi, sostituisco una pallottola più grande; e il contrario nel caso che rimanga addietro: fintantochè, rinnovando ad ogni prova l'esperimento della bilancia, ho incontrato giusto. Or la grossezza della pallottola, quando il pendolo formato di una mezzana paglia sia lungo 4 pollici, e scorra tra due semicerchi (*a*) di 2 poll. di raggio, è di 3 linee circa. Ma

(*a*) I due semicerchj graduati sono una delle correzioni ch'io ho fatto già da varj anni al quadrante-elettrometro, ad oggetto di evitare quella ripulsione laterale, che soffre da un solo, e che lo rende men libero a salire.

queste dimensioni non è necessario che siano precisamente tali, tostochè il tutto va ridotto alla prova invariabile della bilancia nella guisa che ho sopra indicata, a segno cioè che il pendolo del quàdrante-elettrometro, marchi appuntino 35 gradi per quella forza di elettricità, che fa levare al piattello di 5 poll. di diametro, distante 2 poll. dal piano deferente, 12 grani di peso, nè più nè meno. Quello che si richiede è unicamente, che siano ben determinate, e ridotte a precisione queste tre quantità; il che, come si vede, è facile ad ottenersi: con ciò tutti i quadranti-elettrometri non solo si corrisponderanno esattamente in questo grado fisso, e fondamentale che è il 35°; ma anderanno del pari d'accordo per tutti gli altri gradi inferiori, che già altrove ho mostrato esser comparabili fra di loro. Io mi sono assicurato di ciò con tali, e tante prove, che non lasciano più luogo a verun dubbio o scrupolo.

Il quadrante-elettrometro così regolato non è nè troppo sensibile, nè troppo poco; giacchè un elettrometro a boccetta, come quello che ho descritto nella lettera precedente, il quale abbia cioè le due paglie nude, e assai sottili, lunghe 2 pollici, s'incontrerà a marcare a un dipresso 10 gradi per 1 di tal quadrante-elettrometro: il che riesce assai comodo; tanto più che alla piccola differenza, che vi possa essere, si rimedia facilmente col far le paglie un po' più grandi, o un po' più piccole, come ho ivi spiegato.

Ho detto che la forza dell'attrazione elettrica è molto più considerabile e costante che quella del-

la ripulsione. Avete veduto infatti come la prima è potente alla distanza di 2 pollici nulla meno, e forse più della seconda ad una distanza molto minore, cioè nel contatto medesimo o presso il contatto, giacchè quella vince lo stesso peso di 12 grani, che vince questa. Or quanto non potrà crescere l' attrazione diminuendosi la distanza? Se è vero, com' è verissimo, e come l' ho gia avanzato, che nel modo di fare l' esperienza, di cui qui si tratta, l' incremento di cotesta attrazione è in *ragione duplicata* del decremento della distanza, portato dunque il piattello ad 1 poll. solo di distanza dal piano comunicante col suolo, e ivi toccato dalla boccia carica come dianzi 35 gradi, leverà l' opposta lance della bilancia sopraccaricata di ben 48 grani, ossia 2 danari. Così portato alla metà ancora di questa distanza, cioè a 6 lin., leverà 8 danari, ec. Le prove infatti mi hanno sempre corrisposto per queste non solo, ma per tutte le distanze intermedie da 6 pollici fino a 5 lin., ed anche fino a 4. Più sotto l'esperienza mi ha sovente mancato, a cagione della trasfusione dell' elettricità, che accadeva dal piattello al sottoposto piano.

Riguardo alla ripulsione debbo soggiungere, che oltre all' essere debole in proporzione, ella è ancora stentata, manifestandosi per lo più non già al momento che vien infusa l' elettricità, ma un certo tempo dopo. Ho osservato quasi sempre, che elettrizzati i due piattelli, sia congiunti, sia separati da piccolo intervallo, colla boccia carica al solito 35 gradi, il superiore aggravato dei 12, o 13 grani

tarda a sollevarsi 10, 15, 20 minuti secondi, e talvolta più.

In contraccambio questa debole, e tarda ripulsione non isminuisce poi che di pochissimo, cioè appena di 1, 2, o 3 grani, ancorchè i piatti in luogo d'essere contigui si trovino ad un intervallo considerabile, da 1 linea fino a 4, 6, 8 e più ancora. La qual cosa dee parere al certo sorprendente, nè può in alcun modo intendersi (come neppure quel ritardo di cui or ora si è parlato), qualora si ammetta per causa immediata di tali movimenti elettrici una reale forza di *ripulsione*, nel vero, e proprio senso. All'incontro sì l'un che l'altro fenomeno, e insieme la debolezza di tal ripulsione comparativamente all'attrazione, si spiegano colla maggiore facilità, tenendo (come è stata sempre mia opinione), che detta ripulsione non sia che *apparente*, prodotta voglio dire non già da una causa distinta, ma dallo stesso principio di attrazione: effetto in somma di quell'attrazione che sentono due corpi investiti di omologa elettricità verso i corpi esterni, e quindi anche verso l'aria che li circonda, segnatamente da quella parte, ove il fluido elettrico di essa aria obbedendo all'azione dell'atmosfera elettrica può venire più facilmente smosso (ritirarsi cioè addietro, e diradarsi se l'elettricità del corpo è *positiva*, od all'opposto accorrere, e affollarsi verso di lui, s'ella è *negativa*); giacchè se non succede tale smovimento del fluido elettrico proprio di un corpo, se non diventa nella faccia che presenta all'altro corpo elettrizzato, es-

so pure elettrico in senso contrario, non ha luogo tra i due corpi alcuna attrazione. Il qual principio fondamentale stabilito così bene da Epino nella sua grand' opera *Tentamen Theoriae Electricitatis, et Magnetismi*, e confermato da tutte le prove possibili, è reso viepiù evidente da quelle che ho fatto ultimamente colla mia bilancia elettrica, e che tralascio per brevità di riferire (1).

---

(1) Questa ingegnosa opinione del nostro autore conviene perfettamente con quella del celebre P. Beccaria, il quale nella sua grand' opera dell' *Elettricismo Artificiale* §. 134 in così fatta guisa si esprime » *Lo stesso Sig.* Franklin, dice il Sig. Priestley alla pag. 472, *ingenuamente* » *confessa ch' egli è stato lungo tempo imbarazzato per* » *la spiegazione di due corpi elettrizzati negativamente*, » *e respingentisi*. Ed anche a me fin da principio si è » appresentata la medesima difficoltà; ma appresso di me » non ha mai avuta, e penso ragionevolissimamente, tanta » forza, quanta ne ha dovuto avere appresso altri; per» ciocchè io. I. Anche da principio non ho mai consi» derato che le divergenze dei corpi egualmente elettrici » fossero prodotte nè dall' eccesso nè dal difetto del fuoco » elettrico in se assolutamente considerati; ma bensì dal» l' inegualità fra la dose del fuoco elettrico de' corpi, e » del fuoco elettrico dell' aria ambiente; la quale inegua» lità sussistendo egualmente nel caso dei corpi elettrici » per eccesso, e nel caso degli elettrici per difetto, simil» mente in generale mi si appresentava la possibilità della » divergenza di quelli, e di questi......... II. Ed ora » finalmente, dopo che mi è riuscito di analizzare i feno» meni del pozzo elettrico, e di accertare così la natura » dell' atmosfere elettriche, quella spiegazione mi si appre-

Or tenendoci ad una tale fondata sentenza, che la ripulsione elettrica non sia che apparente, e provengano que' moti attribuiti senza fondamento ad un principio ripellente, soltanto dall' attrazione verso i corpi esterni, se ve ne ha de' vicini, e non avendovene, verso l' aria che sta ai lati, torno a dire che spiegansi a meraviglia gli sopra enunciati fenomeni, e rientrano nell' ordinaria legge di questa attrazione: ciò che passo a far vedere brevemente. Domandoli dunque:

1.° Perchè infusa l' elettricità ai due piatti, tarda il superiore a levarsi in alto? Per la difficoltà, e lentezza, con cui viene smosso il fluido elettrico nello strato d' aria che sta sopra detto piatto, attesa la natura *coibente* di essa aria. Quindi è, che per effettuarsi cotale smovimento del fluido elettrico proprio dell' aria, in dose sufficiente da far na-

---

» senta tanto rettificata, e tanto conforme ad ogni ma» niera di fatti che niunissimo scrupolo mi resta nella Teo» ria Frankliniana così promossa intorno alla possibilità » delle divergenze suddette ». Ma una più diffusa spiegazione di questo fenomeno, si ritrova in una lettera scritta nel 1760 dal medesimo Beccaria a Franklin pubblicata nella parte seconda del T. 51 delle Transazioni Anglicane come ancora nel suo libretto *De Athmosphaera electrica ec.*

Così la bella teoria del celebre Filosofo Americano illustrata dai due nostri rinomatissimi Fisici, somministra una completa spiegazione di tutti i fenomeni dell' Elettricismo, senza ricorrere ad ipotesi strane, od a moltiplicare gli agenti senza necessità, lochè non sembra dicevole ai progressi delle scienze naturali.

scere tanta attrazione, che vinca il peso di 12, o 15 grani, di cui è gravato il piattello, vi vuole un certo tempo.

2.° Perchè cotesta ripulsione de' due piatti, se è vero che non sia che apparente, un effetto cioè dell' attrazione verso l' aria esterna, perchè è così debole in paragone dell' attrazione, che si manifesta tra il medesimo piatto superiore elettrizzato egli solo, e l' inferiore il quale comunichi col suolo? La ragione di questa differenza è, che movendosi il fluido elettrico in cotesto piatto non isolato con piena libertà, può rarefarsi, o condensarsi nella faccia superiore, che guarda il piatto elettrizzato, come, e quanto esige l' azione dell' atmosfera elettrica: al contrario ciò non può compiersi che in piccola parte nello strato d' aria contiguo al piatto superiore, in grazia d' esser essa, come già si è detto, coibente, ond' è che tanto più debolmente lo attrae.

3. Finalmente onde viene che infusa ai piatti omologa elettricità, siano essi contigui, o siano discosti di alcune linee, il superiore pur si leva presso a poco coll' istessa forza? Viene da che il fluido elettrico proprio della lamina d' aria compresa tra i due piatti punto o poco obbedir può alle due forze, che tendono a smoverlo in senso opposto, finchè la distanza non è che di poche linee: per conseguenza la forza, con cui è tirato in giù il piatto superiore è pressochè nulla; e quindi non può che poco o nulla contrabilanciare quella, con cui è tirato in su dall' aria libera (la quale ha po-

tuto, se l'elettricità era *positiva*, sgravarsi di fluido elettrico, e il contrario se era *negativa*, quanto lo permette la sua natura coibente). Solamente dunque nel caso che la lamina d'aria compresa tra i due piatti s'ingrossi di molto e formi uno strato alto di 1 poll. di 2 di 4 ec. potendo allora il fluido elettrico in quell'istesso strato d'aria condensarsi in quantità notabile verso il mezzo se l'elettricità de' piatti è *positiva*, o dal mezzo accumularsi verso i piatti medesimi, se è *negativa*, l'attrazione del piatto superiore in alto verso l'aria libera verrà considerabilmente contrariata, e finalmente bilanciata del tutto, ove la distanza de' piatti portisi oltre i confini delle loro atmosfere.

Molte altre osservazioni mi aveano convinto che si dovea dar bando ad ogni ripulsione, potendosene far senza per tutti que' fenomeni elettrici, che sembrano indicare una simile forza; e potendosi questi ridurre comodamente all'unico principio di attrazione tra corpi dotati di contraria elettricità, considerata sotto questo riguardo anche l'aria. Tutto infatti concorreva a mostrare che in ogni caso, in cui due o più corpi si scostano un dall'altro, l'aria si trova in uno stato contrario al loro, cioè scarseggiante di fluido elettrico se essi ne sovrabbondano, e ridondante se ne scarseggiano; e che ove l'aria ambiente ne scarseggi o abbondi al pari dei pendolini medesimi, questi punto non si scostano. Così ex. gr. se un filo di ferro guarnito a ciascuna stremità d'un pajo di pendolini leggerissimi metta capo in due campane di vetro, l'aria

d'una delle quali sia stata previamente impregnata di elettricità, osserverassi come sulla prima i pendolini involti da tal aria elettrizzata divergeranno (qual se appunto si ripellessero), e viemmaggiormente divergeranno, e più a lungo, ove venga a toccarsi col dito il fil di ferro medesimo, perciò che si dà allora maggior luogo al fluido elettrico di ritirarsi da detti pendolini; come intanto i pendolini che stanno nell'aria non elettrizzata dell'altro recipiente penderanno paralleli senz'ombra di ripulsione; e come poi ritirato il dito, a misura che l'elettricità dall'aria impregnatane si comunica ai pendolini che involge, e per essi a tutto il conduttore ora isolato, i medesimi s'abbasseranno fino al lor totale decadimento, mentre acquisteranno divergenza; e s'alzeranno d'altrettanto i pendolini nell'aria non elettrizzata.

Queste osservazioni, dico, aveano pienamente persuaso e convinto me, ed alcuni altri; ma forse non bastavano a convincer altri non pochi, che stanno per la ripulsione elettrica in un senso vero, e proprio. Ora però, che le indicate sperienze colla mia bilancia elettrica, e singolarmente quella del tempo notabile che passa dopo infusa l'elettricità avanti che il piattello mobile prenda a scostarsi dall'altro, e le spiegazioni che ne ho dato, fan toccare la cosa con mano, credo che tutti verran d'accordo meco su di tal punto, che è uno dei principali della teoria elettrica.

Ma troppo già con tante digressioni mi son dilungato dall'argomento propostomi in questa lettera,

parlandovi di tutt' altro che del nuovo artifizio da me inventato onde trarre molto miglior partito dall' elettrometro atmosferico portatile, e trattenendomi parte sul modo con cui son riuscito a render comparabile il quadrante-elettrometro, e parte sopra altri risultati importanti, che mi hann'offerto le sperienze a ciò dirette, ed altre analoghe. Mi lusingo però, che voi, Signore, non mi saprete malgrado di tali aggiunte; massime di quelle, che riguardando la perfezione dell' elettrometro medesimo, tendono a promovere, in un colla scienza dell' Elettricità, la Meteorologia sì strettamente legata con essa. E forse che voi, meglio di me, non ne rilevate tutta l' importanza? Niun Fisico ignora, come a promovere, e perfezionare i varj rami di Scienza naturale, conviene per lo più cominciare dal ridurre a perfezione i relativi instrumenti. Cosa infatti sarebbe l' Aerometria, e la Termometria; cosa, la Meteorologia, se non possedessimo perfetti Barometri, Termometri ec.? Tralascio i Microscopj, che han partorito tante scoperte, e tanto han giovato nelle ricerche di Storia naturale; i canocchiali, micrometri, sestanti, ed altri istrumenti di misura, coll' ajuto de' quali han fatto così grandi progressi l' Astronomia, l' Ottica ec.; tralascio altre macchine, per venire ad un esempio più recente, che ci somministrano gl' incomparabili *Saggi d'Igrometria* del Sig. di Saussure, in cui la più luminosa teoria intorno alle varie specie di vapori in un colle più belle applicazioni a molti fenomeni, specialmente di meteorologia, si è elevata sopra l'in-

venzione, e la riduzione a perfetto stato di quel suo *Igrometro a Capello*, eccellente ad ogni riguardo.

Del resto non è credibile quanto anche una piccola aggiunta a questo o a quell' istrumento già noto, può portarci avanti, agevolando, se non altro, il cammino delle sperienze. Di tal natura è l'addizione, che il prelodato Sig. di Saussure, dietro ad altre importanti correzioni, ha fatta all' elettrometro a boccetta inventato già dal Sig. Tiberio Cavallo, di una sottil verga metallica lunga circa due piedi, che si avvita al cappelletto di detto elettrometro portatile: alla qual addizione tien dietro l'altra mia di un candelino acceso posto in cima a detta verghetta, od asta metallica: nel che consiste finalmente quel mio ritrovato, od artificio, di cui ho fatto cenno nella lettera precedente, e intorno al quale ho promesso d'intrattenervi in questa seconda.

A procedere pertanto con ordine conviene ch'io ponga dapprima in vista i vantaggi, che ne sono derivati da quella aggiunta, che a cotal elettrometro fu fatta dal Sig. di Saussure, per indi passare a rilevare i vantaggi, che da quest'altra mia provengono. Richiamovi dunque, mio Signore, al secondo volume de' suoi *Viaggi sulle Alpi*, che avrete senza alcun dubbio letto, e in particolare all' eccellente articolo, che riguarda l' Elettricità atmosferica (1), su cui avrete fatto più particolar riflessione. Ivi avete potuto scorgere, come, mercè

(1) Chap. XXVIII. ec.

appunto di quel piccolo conduttore, di quella verghetta metallica, ch'egli adatta al sensibile elettrometro a boccetta, è giunto ad avere in ogni tempo (innalzando l'istrumento semplicemente colla mano, tantochè la base della boccetta venga in mira all'occhio) dei segni ben distinti dell'elettricità dell'aria; a misurarla in qualche modo; ed a seguirne l'andamento periodico giornaliero; cui egli ha determinato per ciascuna stagione. Somigliante istrumento sì comodo, e portatile, le istruzioni che il Sig. di Saussure vi ha aggiunte per servirsene, ed il ragguaglio che ci dà delle sue proprie osservazioni, tuttociò quanto non viene ad accrescere le nostre cognizioni intorno all'elettricità naturale atmosferica, e quanto non rischiara, e rettifica le idee su di questo grande oggetto? Non esiterò punto di dire, che egli solo ha più contribuito all'avanzamento di questa bella scienza, di questo ramo principale della Meteorologia, che tutti coloro che prima di lui si sono occupati in osservazioni di questo genere.

Non è già che il Sig. di Saussure abbia fatte scoperte capitali, dell'ordine di quelle di Franklin, di Monnier, e di Beccaria; il primo de' quali scoprì l'elettricità delle nubi temporalesche, e trovò il mezzo di preservarci dai danni del fulmine (1); il secondo fece un passo più avanti, e rinvenne l'elettricità dell'aria serena, nè lasciò d'intravedervi un

(1) Oeuvres de M. Franklin. Paris 1773.

certo periodo giornaliero (1); il terzo infine determinò con più di precisione questo stesso periodo, stabilì che l'elettricità dell'aria serena è sempre per *eccesso*, o *positiva*, ed assoggettò a certe leggi l'andamento, e le vicende di una tale elettricità (2). Potrei io senza presunzione aggiungere a queste la mia scoperta dell'elettricità prodotta artificialmente colla semplice evaporazione; dove avendo mostrato che i vapori nel momento della loro formazione s'arricchiscono di fluido elettrico a spese de'corpi evaporanti, i quali rimangono con ciò elettrizzati in *meno*, o *negativamente*, conduco dirittamente a svelare l'origine dell'elettricità atmosferica *positiva*, risultante dal disfacimento, e condensazione di questi medesimi vapori (3). Il Sig. di Saussure trovò queste scoperte già fatte; senza di che vi sarebbe ben giunto egli medesimo coll'ajuto dell'elettrometro atmosferico da lui in tal guisa migliorato, colla sua maniera d'osservare, la sua attenzione ed assiduità; nell'istessa guisa che giunse a confermare, ed a rettificare in gran parte le menzionate leggi rapporto al crescere, e diminuire periodicamente l'elettricità atmosferica nel corso delle giornate serene, e tranquille; ad iscoprire delle differenze assai notabili, tanto in gene-

(1) Mém. de l'Acad. de Sc. de Paris. A. 1752. p. 240 e 241.

(2) Dell'elettricità di ciel sereno. Dell'elettricità terrestre atmosferica §. 1087.

(3) Ved. la presente Collezione P. 1.ª pag. 270.

rale, che relativamente alle ore della massima, e della minima elettricità, per le differenti stagioni; ed a stabilire qualche cosa di più certo riguardo ai cangiamenti di essa, che dipendono dallo stato del Cielo. In somma quanto non gli dobbiamo noi per tali, e tanti soccorsi, che ne ha somministrati? Oltre la serie delle sue sperienze le meglio dirette, che ci servono di modello, egli è per mezzo di questo suo elettroscopio armato nella maniera che si è detto d'una piccola asta metallica alta 2 piedi, istrumento così sensibile, e così facile a maneggiarsi (a differenza degli altri, de' quali ci siamo serviti finora, molto imbarazzanti, dispendiosi, e con tutto questo meno sensibili, e più incerti) egli è, lo ripeto, per mezzo di questo istrumento tascabile, mercè di tale aggiunta soprattutto, ch'egli più d'ogn'altro ha contribuito ai progressi della Meteorologia elettrica, avendo messo ormai sul sentiero tanti osservatori, che certo non possiamo non sperare dal numero, e dalla varietà delle ricerche che si vanno ad intraprendere in ogni parte, di vedere questa bella scienza quanto prima perfezionata. Imperocchè sarebbe ben cosa strana, che i Fisici eccitati dal suo esempio, ed invitati dalla facilità di queste nuove sperienze non meno dilettevoli che istruttive, le venissero poi trascurando, segnatamente coloro, che s'applicano di proposito alle altre osservazioni meteorologiche.

I deboli, e poco frequenti segni di elettricità, che si otteneano cogli ordinarj *conduttori atmosferici* anche più elevati; il riuscire essa la maggior

parte dei giorni, e in quasi tutte le ore insensibile del tutto, o quasi (a meno di ricorrere ai cervi-volanti, detti ancora *aquiloni elettrici*, non servibili in ogni tempo, e sempre incomodi; ovvero ai *razzi* del Padre Beccaria, più imbarazzanti ancora; o ai *palloni aereostatici* di più difficile, e costosa preparazione), ecco la cagione, per cui ben pochi fisici hanno avuto, o la voglia d'intraprendere simili osservazioni, o la costanza di seguirle come conveniva. E quantunque valesse molto a rendere sensibile cotesta debolissima elettricità atmosferica l'uso del mio *condensatore*, nel modo che descrivo nella citata memoria su tal soggetto (1), e molto più valesse l'applicazione del medesimo apparato fatta in altra maniera coll'intervento di una boccetta di Leyden (ponendo cioè questa in contatto del filo conduttore, per ritrarne quella qualunque carica che poteva, e portandola quindi a toccare il piatto del condensatore ec.), maniera che immaginai poco dopo la pubblicazione di quello scritto, e di cui da indi in poi mi sono sempre servito; pur nondimeno con tutti questi ajuti succedeva non rade volte, che non si ottenessero segni, o sommamente deboli ed equivoci si ottenessero, in specie quando il tempo era piovoso senza temporale, o nebbioso, cosicchè l'umidità facesse perdere al conduttore presso a poco ogni isolamento. Che tale fosse la cagione della mancanza dei segni, lo manifestavano

(1) V. la pres. Collez. P. 1.ª pag. 219.

i cervi-volanti, i quali in occasione di pioggia, e massime di folta nebbia, ne facean anzi comparire un elettricità più forte dell' ordinario (nel primo caso per lo più *negativa*, nel secondo sempre *positiva*); e lo stesso pure ne mostrava un semplice conduttore, di cui si venisse a ben custodire l'isolamento, mandando ex. gr. fuori della finestra di una stanza sopra un luogo aperto una lunga pertica, o canna con attaccato da cima a fondo un filo di ferro, portata tal pertica da un piede isolante, il qual piede rimanesse al coperto nella stanza medesima, ed occorrendo si asciugasse con fuoco. Un somigliante apparato riuscì bene al Sig. Ronaine, al Sig. Henly, e ad altri, per osservare la vigorosa elettricità delle nebbie, quella delle pioggie, della neve ec. (1); ma per l'elettricità molto più debole di Ciel sereno, massime in estate, o di Cielo semplicemente coperto, tali conduttori sì poco elevati appena è mai che potessero servire.

Non è dunque da maravigliarsi, se mancando in gran parte i mezzi, o questi riuscendo quando incomodi estremamente e malagevoli, e quando insufficienti, siam molto rimasti addietro nelle osservazioni dell' elettricità atmosferica, non dico già di quella strepitosa de' temporali, che pur pure si osservava, ma dell' altra moderata e blanda, che domina in ogni tempo, e di cui c' importa forse più di conoscere gli andamenti e le vicende; se ben

---

(1) Phil. Transact.

pochi si sono dedicati a tali osservazioni; e più pochi ancora le hanno proseguite indefessamente; prima dell' invenzione dell' elettrometro a boccetta di Cavallo, sensibile e comodo quanto mai, chiamato da essolui, pell' uso principale a cui destinollo, *Elettrometro atmosferico portatile;* anzi prima che Saussure insegnasse di aggiungervi quella sua verghetta metallica: picciola aggiunta in se, ma pure importantissima pel gran vantaggio che ne procura di potere, come si è detto, aver de' segni dell' elettricità atmosferica, non solamente allorchè domina vigorosa nelle basse nebbie, e si rende sensibile allo stesso elettrometro anche sprovveduto di tal verghetta, ma sibbene a ciel sereno, a qualsisia ora del giorno e della notte, e in qualunque luogo sufficientemente aperto; di poter quindi seguirne con assidue regolari osservazioni il giornaliero periodo, ed ogn' altra modificazione e vicenda.

Io stesso poco contento dell' ajuto, che mi prestava il mio condensatore, giacchè, come già confessai, non sempre, anche col suo mezzo, mi riusciva di aver segni da un conduttore Frankliniano assai elevato, avea molto rilasciato dal zelo, che mi animò dapprincipio, e interrompeva a lunghi intervalli coteste osservazioni sull' elettricità atmosferica. Egli si fu dunque la grande facilità, che offersemi l' elettrometro in tal guisa perfezionato da Saussure, e le belle osservazioni da essolui fatte, che m' invogliarono di riprender le mie al principio di questo anno 1787, nel corso delle quali studiandomi di rendere sempre più obbedtente l' instrumento, ed

atto a contrarre viemeglio l'elettricità dello strato d'aria, a cui s'inalza la punta del suo piccolo conduttore, m'avvenne sulla fine dell'inverno di fare la scoperta sopra indicata della prodigiosa influenza, che ha in ciò un candelino acceso od una fiammella qualunque posta su detta cima del conduttore; del qual mio ritrovato, od artifizio, che è ciò che mi ha data occasione di scrivervi queste lettere, e che deve quindi esserne il soggetto principale, è tempo ormai che vi trattenga, mio Signore, siccome ho promesso.

Una tale aggiunta, voi ben vedete, è anche essa picciola cosa, considerata in se, non altrimenti che picciola è parsa l'altra della verghetta metallica; ma in quella guisa che non fu cotesta invenzione del Sig. di Saussure di piccolo momento, attési i vantaggi che se ne traggono; così di grande importanza, e ardisco dire maggiore, è ancora la mia; mercè di cui giugne l'elettrometro a dar segni non solo assai più grandi dell'elettricità atmosferica, e più al grado di essa corrispondenti, ma ciò che molto rileva, *indeficienti;* come tra poco mostrerovvi.

In prima dunque, per quello che riguarda il semplice e immediato accrescimento dei segni, basti il dire, che dall'alzare l'elettrometro atmosferico armato della sua asta metallica alla foggia di Saussure, e dall'alzarlo con dipiù un moccolino od un solfanello accesi in cima di tal asta alla mia maniera, osservasi una differenza di più del doppio, e quasi del triplo: cosicchè, ove nel primo caso l'elettrometro non segni e. g. che 2 gradi, divergendo i suoi

pendolini di una linea, nel secondo marcherà infallantemente più di 4 gradi, con una divergenza che oltrepasserà due linee. Bello è il vedere in questo modo le paglie del mio elettrometro aprirsi di 5, di 6, di 8 linee, cioè di 10, 12, 16 gradi, e giungere fino a toccare le pareti della boccetta, per l'elettricità della nebbia, tenendolo colla mano alzato in campo aperto, ed in luogo eminente eziandio per quella di ciel sereno; quando senza l' adminicolo della fiamma non si avrebbe che un terzo o poco più di quei gradi.

Quanto al modo di appiccare la fiamma sulla cima del piccolo conduttore, e far che vi si mantenga il tempo che basta, ho trovato più comodo di porvi un solfanello, che un candelino di cera, o qualunque altro combustibile, un di quei solfanelli, intendo, che son fatti di un cordoncino di cotone intriso intieramente di solfo; e ciò per esser questi, e durevoli, e men sottoposti ad estinguersi dal vento, o dalla pioggia. Un tal solfanello più pieghevole che rigido, per assicurarlo, e tenerlo verticale, soglio collocarlo entro una spirale di fili di ferro adattata in cima della picciol asta: talvolta anche l' infilzo semplicemente per traverso colla punta di detta asta. Del resto aggiustatelo pure come più vi piace, ciò è indifferente.

Non debbo quì omettere di farvi osservare, come accrescendo il volume della fiamma, e rendendola più brillante, non ho trovato che si guadagni molto pel nostro oggetto: tutt' al più si ha qualche vantaggio, facendo ardere due zolfanelli in una sol volta

della grossezza ordinaria; vantaggio per tutti i riguardi poco considerabile, eccettuato un solo, di cui avrò occasione di parlare.

Ho cimentato il fumo di diversi corpi senza fiamma, ed ho osservato per verità, che s' ottiene assai più di elettricità con esso fumo, che senza, vuo' dire che colla sola verga appuntata; ma considerabilmente meno col fumo che colla fiamma. Le prime sperienze, allorchè pensai ad accrescere l'elettricità nell' elettrometro atmosferico, le feci coll' inserire nella punta dell' asta conduttrice de' piccioli fuochi d' artifizio, dei piccoli razzi, che fabbricai a bella posta con della polvere macinata, e convenientemente umettata, la quale esalava in un colla fiamma molto fumo: ciò io faceva allora semplicemente ad oggetto di accrescere l' altezza, e la superficie del conduttore inalzato verso l' aria elettrica. I primi tentativi avendo avuto un ottimo successo, al di sopra anche delle mie speranze, pensai tosto a separare la fiamma dal fumo, per conoscere a quale dei due si dovea ascrivere un tal fenomeno; e trovai che era principalmente alla fiamma; di modo che quando questa brilla, il fumo, se ve n' ha, non fa assolutamente nè bene nè male, nulla toglie cioè nè aggiunge alla buona riuscita; ma quando non v'è fiamma, il fumo vi supplisce in parte. Ecco come dopo varj tentativi ho finalmente adottato il zolfanello, e mi attengo ad esso, siccome al meno imbarazzante di tutti; facile altronde essendo di portarne una provisione in tasca unitamente al battifuoco.

Potrebbe nascere in capo a qualcuno un dubbio,

che la fiamma per se stessa, come pure il fumo, producessero quell' elettricità, che si rimarca nell' elettrometro. A prima vista il dubbio non sembrerebbe senza fondamento, dopo d' avere io stesso scoperto e dimostrato, che ogni evaporazione, e particolarmente la combustione de' carboni, producono effettivamente un' elettricità sensibile nell' apparecchio isolato, che serve di sostegno. Ma di grazia quale specie di elettricità producono l' evaporazione de' fluidi, lo sviluppo delle arie fattizie, e la combustione de' carboni, secondo le mie esperienze ripetute più e più volte? L' ho detto, e lo replico, tanto più sicuro del mio fatto, quanto che da altri Fisici di prima sfera (Saussure, Cavallo) è stato confermato: un' elettricità costantemente *negativa*. Dovrebbe dunque essere del pari negativa nell' elettrometro atmosferico adoprato alla mia maniera, se fosse veramente generata dalla fiamma che arde in cima all' asta, o dai vapori eruttati dal seno della fiamma medesima. Eppure son molto più frequenti i casi in cui quest' elettroscopio dà segni di elettricità *positiva:* e non ne dà assolutamente di *negativa*, con tutto la fiamma che brilla sulla sua cima, se non quando regna diffatto questa specie di elettricità nell' atmosfera; come ne assicurano le altre sperienze fatte al tempo stesso cogli elettroscopj semplici, voglio dire non provveduti di fiamma. Osservo altronde che non ogni combustione produce elettricità: quella dei carboni, facendo in modo che proceda molto lentamente, mi riesce meglio: al contrario con una combustione più viva, non ottengo

quasi nulla, e nulla affatto allorchè vi dà dentro la fiamma. Così è, la fiamma è un gran nimico di cotesta elettricità artificiale prodotta dall' evaporazione. Ma non ho bisogno di tutte queste considerazioni per distruggere il sospetto d' una tale elettricità generata: basta solo trasferirsi in un luogo in cui l' elettricità atmosferica non si faccia punto sentire, p. e. in fondo di un' angusta corte, in istrada, e per maggior sicurezza in una sala grande quanto si voglia: in tutti questi siti avete bello sollevare l' elettroscopio munito del zolfanello ardente, non vi compare il minimo segno d' elettricità. Gli è dunque la vera, e propria elettricità atmosferica, e in niun modo un' elettricità da noi prodotta, quella di cui l' elettroscopio ci dà dei segni mediante il zolfanello acceso, allorchè s' inalza nell' aria aperta.

L' avvantaggio d' aumentare considerabilmente i segni dell' elettricità atmosferica coll' ajuto d' una picciol fiamma, allorchè questi segni fossero già sensibili all' elettrometro armato della semplice verga, è un nulla in paragone del vantaggio di rendere percettibile quell' elettricità, che senza l' aggiunta di tal fiamma insensibile rimarrebbe e inosservata. Nel primo caso l' esperienza ha il bene d' essere più bella, e più spiegata, ma non altro; nel secondo ella è veramente istruttiva. Vi sono dei tempi, sebben di raro, in cui l' elettricità atmosferica in aperta campagna, ed anche alla cima d' un colle, sopra un baluardo, all' angolo d' una terrazza elevata ec., sembra nulla, od è appena percettibile; impercetti-

bile poi trovasi quasi sempre, fuori dei temporali, in mezzo d' una corte, d' un angusto giardino, tramezzo alle case, agli alberi ec. Ora in queste circostanze, in cui alla maniera del Sig. di Saussure, e con tutta l'attenzione possibile, vi riuscirà difficilmente di ottenere alcun segno; fate uso alla mia maniera del zolfanello, e vi prometto, se non sempre, il più delle volte, dei segni marcatissimi di elettricità: vedrete i pendolini dell' elettrometro aprirsi, e conservare la divergenza sovente più di una linea, e quasi sempre più di mezza, ossia di 1 grado: ciò che basta non solo per dinotare l' esistenza dell' elettricità, ma per farne riconoscere la specie. Ora quanto non è egli comodo e vantaggioso (allorchè le circostanze non ci permettono di sortire in campagna aperta) di poter fare con frutto tali esperienze in ogni ora, con comodità, nel suo giardino, fuori della finestra della propria camera ec.?

Ma non è quì tutto: il massimo vantaggio non consiste nell' ingrandimento dei segni, che abbiam veduto, bensì nell' incessanza dei medesimi, che ora passo a mostrarvi. Quì dunque farò osservare una differenza essenziale nel modo d' agire dell' elettrometro atmosferico adoprato alla mia maniera, cioè a dire coll' addizione della fiamma in cima della verga conduttrice. Questa differenza, e quindi il gran vantaggio, provengono da che coll' ajuto di una tal fiamma l' elettricità dello strato d' aria, in cui questa arriva, non agisce semplicemente per *pressione*, secondo le leggi delle *atmosfere ele-*

triche, come quando non vi è la fiamma; ma è trasmessa effettivamente e realmente a questa verga, ed all' elettrometro annesso.

Per accertarsi di questo basta la seguente osservazione. Avendo distrutta col toccamento d' un dito, o altrimenti tutta l' elettricità dell' istrumento, cessa, com' è naturale, la divergenza de' pendolini: ritirate il dito, e la vedrete rinascere immantinenti, e giungere in pochi secondi al medesimo grado di prima. Si ponno così ripetere più volte i toccamenti, e far comparire più volte di seguito l'elettricità, finchè la fiamma è vigorosa. La cosa è sì costante, e l' effetto così marcato, che fissando gli occhi sui pendolini dell' elettrometro, mi accorgo del momento in cui la fiamma che trovasi sulla cima della verga verticale, e che non vedo, s' estingue, da ciò che i pendolini fatti cadere col toccamento del dito non si riaprono più al ritirarlo.

Ho indicato che cotesto incessante succhiamento che fa dell' elettricità dell' aria il nostro apparato non ha luogo senza l' intervento della fiamma, cioè a dire allorchè s' inalza l' elettroscopio armato semplicemente della sua verga: anzi in questa maniera il conduttore, per quanto sia acuminato, non ne beve punto; ciò che rimarca, e spiega eccellentemente giusta le note leggi delle atmosfere elettriche l' istesso Saussure.

Convien però ristringere la proposizione, e dire, che non s' infonde realmente alcuna elettricità dall' aria nel conduttore sollevato, fintantochè que-

sta elettricità è debole o moderata, fintantochè può misurarsi dai nostri elettrometri a boccetta; imperocchè essendo più vigorosa, come alle volte succede nell' irruzione di qualche pioggia, in tempo di neve, e più sovente all' accostarsi delle nubi temporalesche, non manca essa d' insinuarsi e di comunicarsi realmente al detto conduttore atmosferico, ancorchè sprovveduto di fiamma. In tutti gli altri casi i più ordinarj, allorchè l' elettricità dell' atmosfera è moderata, sia nei tempi sereni calmi, o ventosi, sia nei tempi più o men coperti, non temporaleschi, sia infine nel più folto delle nebbie in cui si mostra considerabilmente più animata, egli è costante, ch' essa non può comunicarsi realmente al conduttore dell' elettroscopio atmosferico sollevato da terra pochi piedi, senza l' interposizione d' una fiamma, o d' un fumo che faciliti questa trasfusione. Ardisco dire, che se si sollevasse ad una altezza venti volte più grande, l' elettricità colassù tanto più animata non si comunicherebbe ancora, non si trasfonderebbe nel condnttore, almeno con prontezza (lo veggiamo da' cervi-volanti, i quali debbonsi elevare sovente a più centinaja di piedi per dar segni durevoli); giacchè non parlo di quella che si può insinuare lentissimamente, ed insensibilmente, il che ha luogo anche poco distante da terra.

Così è: la dose del fluido elettrico del nostro picciolo apparato atmosferico durante il breve tempo dell' esperienza, non soffre nel suo totale nè addi-

zione nè diminuzione sensibile, per l'elettricità moderata, *in più*, o *in meno*, dell'aria che circonda la sua parte superiore. Intanto però quest'aria elettrizzata non lascia d'agire sopra detto conduttore secondo le leggi delle atmosfere, d'agire, come si suol dire, *per pressione*, cacciando il fluido elettrico dalla parte superiore della verga metallica inalzata contro di lui, verso la parte inferiore, ed ivi condensandolo. Ciò, come ben si comprende, accade ogni volta che l'elettricità dell'aria è *in più*, che è il caso più ordinario; giacchè l'opposto avviene in que' rari casi, in cui questa medesima aria è elettrizzata *in meno:* vuo' dire che allora per l'azione di una tale *atmosfera negativa*, il fluido elettrico si porta dalla parte inferiore alla superiore del conduttore inalzato. Un tale smovimento del fluido elettrico proprio del conduttore, di cui i pendolini dell'elettrometro fanno parte, è la sola cagione della divergenza di questi, e si dice ch'essi si repellano elettricamente, quantunque detto conduttore non abbia contratto alcuna elettricità dal di fuori, quantunque nulla abbia ricevuto in se dell'elettricità dominante dell'aria, di cui risente soltanto l'azione; in una parola quantunque non sia dotato che d'una elettricità *accidentale* od *attuata*, come mi piace di chiamarla. Che la cosa sia così si rende manifesto, dacchè abbassandosi l'apparecchio vengon tosto a cadere i pendolini. Essi cadono pure, come in ogni caso avvenir deve, nel momento che col dito si tocca il cappello dell'elettrometro, o l'asta metallica

ch' esso porta; ma quel che vuol considerarsi qui, è che cadono senza risorsa; cioè che non si riproducono più i segni d'elettricità; tuttochè si continui a tener sollevato in alto l'istrumento, e si cessi dai toccamenti. Or egli è pur chiaro, che tali segni non mancherebbero di ricomparire, quando l' elettricità venisse realmente dall' aria infusa all' asta metallica. Abbiamo infatti veduto, che ricompajono incessantemente nel caso che una fiammella in cima di essa asta promova cotal trasmissione dell' elettricità.

Dopo tutto ciò è facile d' intendere, che il dito o qualunque altro corpo che tocchi il conduttore dell' elettrometro atmosferico allorchè questo è senza fiamma, non può ricevere che una sol volta pochissima dose di fluido elettrico; cioè a dire quel poco che si ritira dalla parte superiore della verga metallica immersa nello stato d' aria elettrizzata debolmente *in più:* quantità, che è troppo al di sotto di quella che si ricerca per caricare anche debolissimamente una boccia di Leyden; la quale, per piccola che sia, è sempre d' una *capacità* considerabilmente più grande di un tal conduttore; come ho dimostrato in una Memoria sulla *capacità de' conduttori* (1) pubblicata anni sono nel giornale di Rozier.

Non è così dell' elettrometro guarnito del zolfanello acceso, o di qualunque altra fiamma in cima

(1) Ved. la presente Collezione, P. I.ª pag. 165.

della verga metallica: giacchè siccome coll'interposizione di essa fiamma succhia realmente l'elettricità dell'aria, e ne riprende a misura che ne lo spogliano i toccamenti, come ho di sopra fatto vedere; così ne avverrà, che ove gli si faccia toccare l'uncino d'una boccia di Leyden, questa scaricando successivamente il conduttore, nel quale è deposta, e s'infonde di continuo l'elettricità dell'aria, si carichi ella medesima al punto di lasciar prendere ai pendolini la medesima divergenza che avevano dianzi: cioè a dire, che se i pendolini prima che si toccasse il conduttore erano aperti p. e. di 2 o 3 linee, ossia marcavano 4 o 6 gradi, essi caderanno al primo toccar che si faccia il conduttore colla boccia di Leyden, ma poco a poco la loro divergenza si ristabilirà a misura che questa stessa boccia verrà caricandosi, finchè l'intensità di una tal carica sia portata al grado medesimo di 2 o 3 linee d'apertura de' suddetti pendolini dell'elettrometro. Ho sovente provato, che per arrivare a questo non abbisogna un intiero minuto, ossia il tempo che impiega uno de' miei zolfanelli a consumarsi bruciando, purchè la boccia non abbia più di 10 o 12 pollici quadrati di superficie armata.

Adesso con tal boccia carica 4 o 6 gradi dell'elettrometro a boccetta, ciò che ottengo quasi sempre ne' tempi calmi e sereni, nelle ore anche meno favorevoli, facendo l'esperienza in un luogo aperto (stando sopra di una terrazza elevata, sopra un baluardo, in cima ad una torre ec. ho sovente nelle

stesse circostanze 12, 15, 20 gradi, e di tanti posso caricare la boccia), quale forza di segni non potrò io ottenere, ricorrendo a un altro artificio, al mio *condensatore?* La cosa parrà incredibile a chi non ha sufficiente cognizione o pratica di questo strumento; non già a voi, mio Signore, che ne possedete benissimo la teoria, e gli effetti ne conoscete in tutta l'estensione: e ciò fin da quel tempo, che ebbi il piacere di trovarvi giusto occupato intorno al condensatore nel mio passaggio da Gottinga. Voi dunque non avrete pena a credere, ch' io giunga per tal mezzo ad eccitare delle scintille assai forti, a caricare molto bene un Elettroforo, a stampare sopra degli strati resinosi i bellissimi vostri *fiori elettrici*, ad accendere non che l'aria infiammabile, fino la resina polverizzata ec.

Ma non è tutto ancora: rimettendo un dopo l'altro varj zolfanelli, o adattando in luogo d'essi un moccolo, tanto che la fiamma arda lo spazio d'un quarto d'ora, o poco più, io vengo a termine di caricare al medesimo punto di 4, di 6, di 12 e più gradi, secondo che ne dà segni l'elettrometro, una boccia di Leyden anche grande: colla quale poi, mediante il solito giuoco del condensatore, carico un'altra piccola boccia al più alto grado a cui può giungere carica, fino cioè a provocarne l'esplosione spontanea, fino a spezzarla ec. Sarebbesi mai creduto solamente pochi anni fa, che si potesse raccogliere tanta elettricità dall'aria calma, e serena? E ciò ad un'altezza così picciola da terra, qual è quella di 6, o 7 piedi?

Ma è tempo di finire questa lettera. Nella seguente avrò molte cose ancora a dirvi su tal prodigiosa virtù della fiamma, e sull' applicazione estremamente proficua della medesima in esplorare l' elettricità atmosferica.

LETTERA TERZA (1)

Non crediate, mio Signore, ch'io abbia nella lettera precedente esagerato la forza dei segni, che io sono in istato d'ottenere, ed ottengo realmente, raccogliendo prima dall'aria coll'artifizio della fiamma copia di elettricità in una boccetta di Leyden, e concentrandone indi gran parte nel *Condensatore*, come ho spiegato. Ben lungi dall'esagerare, ho detto poco ancora; mentre ristretto mi sono a parlarvi dei segni vivaci che ottengo a pochi piedi da terra, non già da nuvoli temporaleschi, il che non sarebbe poi tanto sorprendente, ma dall'aria calma e serena, mediante gl'indicati strumenti tascabili, sì l'uno che l'altro.

Or dunque lasciando da parte i temporali in cui l'elettricità per manifestarsi vigorosa non ha bisogno di simili artificj, dirovvi, che per ottenere que' segni vivaci sopra enunciati, cioè de' pennoncelli spontanei, delle forti cariche, delle scintille fulminanti, non ho neppur bisogno de' tempi e delle circostanze in cui l'elettricità dell'aria vicino a terra, è più animata, qual nelle basse e folte nebbie, ne' giorni

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica, Vol. 3.° pag. 79.

sereni d'inverno verso il mezzo dì, e nell'ore prime della rugiada d'estate; come neppure ho bisogno di portarmi a fare l'esperienza in luogo aperto e sgombro all'intorno di case e di piante, o sopra un luogo eminente: non ho bisogno, tornò a dire, di tali favorevoli circostanze di tempo e di luogo: stantechè un' elettricità debolissima mi basta, tale che possa far divergere le paglie del mio elettrometro di un grado (che è mezza linea) ed anche di meno, adoperandolo alla maniera del Sig. Saussure; il qual grado viene poi a più di due e quasi tre gradi adoperandolo alla mia maniera, cioè coll'aggiunta della fiammella in cima del conduttore. Più: io ho ancora i segni abbastanza vivaci (sempre coll'ajuto della fiamma, e mediante il solito giuoco del Condensatore) allorchè l'elettrometro senza l'adminicolo della fiamma dovrebbe marcare meno di un grado, che è quanto dire non darebbe più segno sensibile, coerentemente a quanto ho mostrato nella prima lettera, cioè che se gli assi delle paglie trovansi già naturalmente distanti un dall'altro mezza linea, o poco meno, non si scostano che punto o poco dipiù per l'elettricità di un sol grado. Eppure per cotale elettricità affatto insensibile al sensibilissimo elettrometro, qualora s'inalzi questo armato della semplice e nuda verga metallica, io giungo ad ottenere come per prodigio delle scintille, con inalzarlo egualmente, ma provveduto del candelino o zolfanello acceso in cima di detto conduttore; con tener in contatto di esso conduttore per alcuni secondi l'uncino di una boccetta di Leyden, e con fare da ultimo con

questa giuocare un buon condensatore, nel modo che ho spiegato.

Che se l' elettricità dell' aria sia molto più debole ancora, non arrivi ex. gr. che a un 10mo, ad un 20mo, diciamo più, ad un 100mo di grado, io avrò tuttavia, mediante i soccorsi riuniti della fiamma e del condensatore, se non delle scintille, dei segni distintissimi di elettricità, portati cioè a più gradi dell' elettrometro sensibile a boccetta.

Non vi vuol molto a comprendere questa specie di prodigio dopo quello che ho detto della seconda virtù della fiamma nella seconda lettera, e della capacità del condensatore nella lettera prima. Suppongasi dunque che l' elettricità dell' aria non sia che un 100mo di quella, che potrebbe dar segno di 1 grado all' elettrometro a paglie il più sensibile, armato del suo conduttore, ma senza fiamma. In tal supposizione comincio a far riflettere che, aggiugnendosi la fiamma, quel 100mo di grado crescerà a più di due 100^{mi}, poichè tale elettricità non sarà di semplice *pressione*, ma verrà istillata realmente nel conduttore, e vi si rifonderà a misura che esso ne sia spogliato: per il che una boccetta di Leyden, che gli si faccia toccare andrà poco a poco caricandosi anch' essa fino a due o tre 100^{mi} di grado; diamo per istare bassi, a 2 solamente. Finquì ci manca ancor molto, perchè siano i segni sensibili; e a nulla certo varrà il toccare coll' uncino di questa boccetta sì povera di carica il cappelletto del più sensibile elettrometro (fosse anche quello del Sig. Bennet a listerelle di foglia d' oro, di cui

si è reso conto a principio della lettera precedente). Ma si tocchi invece il piatto metallico di un condensatore ben in ordine; esso per quella straordinaria *capacità* di cui gode mentre sta applicato al piano di marmo, od altro semi-coibente, raccorrà nel suo seno buona parte della carica della boccia: la metà circa, se la superficie di lui combaciante detto piano sia presso a poco eguale alla superficie armata della boccia di Leyden, come già ho indicato nella lettera prima. Dividendosi pertanto la carica della boccia che abbiam valutata di due 100^{mi} di grado, dividendosi per metà, ridurrassi sì in essa boccia che nel piatto giacente del condensatore ad 1. 100mo. Ma, come ho mostrato verso la fine della citata lettera, detto piatto dispiega, levandosi speditamente in alto, con quella stessa elettricità che contrasse giacente, dispiega, dico, in ragione della cotanto per tal separazione diminuita sua capacità, una forza molto maggiore, che va d'ordinario a 120 volte dipiù; e però con quel 100mo di grado salirà a gr. 1, 20, che è più che bastante per rendersi sensibile.

Ho voluto metter sott'occhio per maggiore chiarezza l'esperienza e il computo nel caso che si faccia uso di un buon condensatore a parte. Non debbo però lasciare di ricordare il vantaggio considerabile, che si ha (come ho ivi mostrato) o vi si riunisca in uno il condensatore e l'elettrometro a boccetta, armando cioè il cappelletto di quest'ultimo di un piattello, che faccia officio di condensatore, mediante l'applicare ad esso e premervi sopra colla

mano un pezzo di taffettà verniciato, Quando l'elettricità è sommamente debole gli è questo se non l'unico mezzo, il più opportuno di cavarne partito. Se all'incontro è debole pur anco, e impercettibile medesimamente senza condensatore, tale però che coll'ajuto di questo ottener se ne possano oltre a 15, o 20 gradi (come sarebbe se arrivasse senza tale ajuto ad un quarto di grado, ad un terzo, a mezzo), non è più spediente condensarla nel piattello dell'elettrometro medesimo, per la ragione che le paglie giugnendo a toccare le pareti della boccetta che le cinge, non ci lascerebbero giudicar bene della forza: allora o si può sostituire il secondo elettrometro a pendolini più pesanti, armando questo invece del primo del piattello condensatore, o ricorrere al solito condensatore separato: al qual ultimo spediente conviene appigliarsi ogni volta che ci piace d'avere belle e spiccate scintille, l'elettricità essendo da tanto, giugnendo ex. gr. a caricare senz'altro la boccia di Leyden più d'un grado o di due dell'elettrometro a paglie sottili.

Avendo così messo in vista di quanto soccorso sia il condensatore per ingrandire i segni dell'elettricità, che con piccolo apparato e a pochi piedi da terra raccogliamo dall'atmosfera per mezzo di un candelino o zolfanello acceso; e mostrato avendo come senza una tale fiammella, che bee realmente l'elettricità anche debolissima dell'aria (a differenza di un semplice conduttore quanto si voglia acuminato, che in tal caso sente soltanto un'elet-

tricità di *pressione*), l' intervento dello stesso condensatore a poco o nulla servirebbe; debbo ora, per nulla dissimulare, parlarvi, o Signore, di alcuni inconvenienti, che accompagnano l' uso di questo strumento nelle sperienze di tal genere, e che ne limitano i vantaggi: in tal maniera nè voi, nè altri mi accuserà di averli troppo decantati, come altrimenti sembrar potrebbe. Dirovvi dunque, che ben riconoscendo la poca costanza del condensatore per ciò che riguarda la quantità appunto del condensamento, il quale suol esser maggiore o minore dipendentemente da molte circostanze assai variabili, come ho spiegato nella 1.ª lettera, son io il primo a convenire, che non gli si deve aver troppa fede, che non è da stare alle sue decisioni, allorchè si tratta non di scoprire solamente, ma di misurare l' elettricità dell' aria, e di paragonarne i gradi ne' differenti luoghi, tempi, e costituzioni dell' atmosfera. Come mai infatti accertarsi, per quanta attenzione si ponga, che il condensatore si truovi in tutti i casi in uno stato di attitudine eguale? E supposto pur chè lo fosse, come prometterci di fare sempre l' esperienza con eguale celerità e destrezza, il che pure molto influisce al maggiore o minore ingrandimento dei segni, secondo che ho ivi accennato?

Convenendo però che il condensatore è un istrumento infedele, ove trattisi di misure precise, son ben lungi dall' accordare, che in niun modo servir possa alle osservazioni comparate dell' elettricità atmosferica, a misurarne cioè almeno all' ingrosso

le diverse forze. L'esperienza, la quale mi ha insegnato, che sendo in buon ordine il piano semicoibente (facendolo cioè intiepidire al sole o al fuoco, s'egli è un piano di marmo non abbastanza asciutto, o, s'egli è un buon taffettà cerato o verniciato, tenendolo semplicemente netto e mondo); e facendosi l'esperienza con sufficiente destrezza, il condensamento dell'elettricità infusa nel piatto metallico da una boccetta di Leyden debolissimamente carica va a 120 volte circa, mi ha mostrato ancora, che quando, sendo elevato l'elettrometro atmosferico con in cima al suo piccolo conduttore la solita fiammella, le paglie divergono di 2 gradi, di 3, di 4, una boccetta di Leyden avente 10 in 12 poll. quadrati di armatura e il collo incrostato di ottima ceralacca, perchè sia ben isolante, tenuta in mano, e fatta toccare coll'uncino a tal conduttore giunge a caricarsi in 5, o 6 minuti, se non di tanto, poco meno di quei 2, 3, o 4 gradi. Or sia ex. gr. il condensatore di tal capacità, che per esperienze fatte, prenda la metà della carica della boccetta. Con questi dati io posso facilmente calcolare dai gradi di elettricità che otterrò mediante la boccetta e il giuoco del condensatore, di qual forza sia l'elettricità che immediatamente e semplicemente contrae il conduttore per via della fiamma dell'aria ambiente. Supponete che una volta io ottenga 60 gradi (a marcare i quali già non vale il primo elettrometro a paglie sottili, ma sibbene il secondo a pendolini più pesanti): siccome, io dico, il condensamento è di 120 volte; dunque il

piatto del condensatore in un colla boccetta che lo toccò giacente, furono ridotti a un mezzo grado: ma la boccetta con tale toccamento perdè la metà; dunque avea prima 1 grado; dunque 1 grado e un poco più ne avea il conduttore atmosferico, che caricò la boccetta quasi al livello della sua forza. Un'altra volta io ottengo coll'istesso giuoco p. e. 15 gradi dell'elettrometro sensibilissimo: dunque l'elettricità infusa dall'aria nel conduttore non era che di $\frac{1}{4}$ di grado ec.

Dal che si vede, che, se non a rigore, per l'indicata incertezza di quei dati, pure con qualche approssimazione; se non con esattezza scrupolosa, più o meno all'ingrosso giudicar posso de'gradi i più infimi dell'elettricità atmosferica, e istituirne de'paragoni per lo più sufficienti all'uopo: quando senza l'ajuto del condensatore, con tutto il beneficio della fiamma, non che misurare e paragonar fra loro elettricità cotanto deboli, neppur riuscirei a scoprirne l'esistenza.

Gli è vero, che i casi son molto rari, in cui alzando in luogo aperto l'elettrometro atmosferico armato della sua verghetta metallica col solfanello in cima acceso, non si abbiano con questo solo segni sensibili dell'elettricità atmosferica. E allora, ove massimamente giungano a più d'un grado, sarà molto meglio il lasciar da parte il condensatore, come si è avvertito sopra, riservandolo per i soli casi di necessità, in cui senza di esso non si fa nulla. Quando dunque se ne può fare di meno, quando con maggiore esattezza, e precisione si possono

notare i gradi dell' elettricità senza di lui, sarebbe gran peccato di ricorrere a un tale strumento, che per simili osservazioni comparate indurci potrebbe in errore, come si è veduto. E a qual prò inviluppare con nuovi maneggi l'esperienza, e accrescerne cotanto l'imbarazzo? Quando non fosse per sorprendere gli spettatori poco istrutti, che stordirebbero ad una vivacità così grande, e inaspettata di segni. Poco manca dunque, che non rileghiamo tra le sperienze di puro divertimento quelle d'ingrandire i segni dell' elettricità atmosferica, che regna d'ordinario anche nella bassa regione, fino ad ottenerne forti e vivaci scintille mercè il giuoco del condensatore, quando nulla ci apprendono di più; quando per le osservazioni comparative serve meglio e più sicuramente il solo elettrometro provveduto della fiamma. Però non diamo a quello un bando assoluto, essendovi pure i casi, in cui vien buono, come si è già rimarcato, e avrem occasione di vedere ancora in seguito.

Ma è egli poi così, che le semplici immediate osservazioni fatte coll'elettrometro atmosferico portante in cima del suo conduttore la fiamma siano in ogni caso, in cui l'elettricità atmosferica è sensibile in questo modo, accertate e fedeli; e non vi è nulla a temere dall'incostanza della fiamma? non dobbiam punto temere un'incostanza corrispondente ne'segni dell'elettrometro stesso a cui appartiene? ciò che, come si vede, renderebbe molto soggette a errore anche tali osservazioni, qualor si pretendesse che fossero comparate. Confesso che in sulle

prime ebbi io pure questo dubbio, il quale in me prese viemaggior forza, allorchè un dotto Fisico mio amico, a cui comunicate avea le mie prime sperienze, mi fece un tale obbietto; ma un poco più di riflessione, e il seguito delle mie osservazioni lo dissiparono, e io fui rassicurato. Non tardai guari a comprendere che poco o nulla si ha a temere da qualsivoglia incostanza della fiamma, tostochè grande o piccola ch'ella sia, languida o vivace, giunge a succhiare l'elettricità dell'aria, e a tramandarla al conduttore presso a poco con eguale facilità, a segno almeno di far divergere i pendolini dell'elettrometro d'un'eguale quantità, vuò dire dello stesso numero di gradi, come ho già fatto osservare nella precedente lettera, colla sola differenza di un pò più presto o un pò più tardi; di che avrò occasione di parlare. Ora se la maggiore o minore grandezza e vivacità della fiamma non porta una differenza considerabile nel successo, che è sempre compiuto; chi non vede, che le altre modificazioni di essa fiamma non vi avranno maggiore influenza; che quindi poco o nulla importerà ch'ella sia verticale o inclinata, più o meno fumosa ec.? Vuolsi una fiamma, e tanto basta. Infatti per tutto il tempo che brucia di zolfanello, se voi distruggete reiteratamente con due toccamenti la divergenza qualunque sia dei pendolini dell'elettrometro, questa rinasce tosto che cessate dal toccare, e in breve giunge al grado di prima: vi giunge, dico, così bene negli ultimi istanti, in cui la fiamma langue mori-

bonda, come dianzi allorchè ardeva il meglio del mondo.

L'uso della fiamma sì efficace a trarre giù dal Cielo l'elettricità non riconosce dunque alcun inconveniente, che ne diminuisca i tanti vantaggi che vi abbiamo trovati, e che ci obblighi a rinunciarvi in alcun caso, eccetto quello d'un'elettricità tanto forte, che nè l'uno nè l'altro degli elettrometri a boccetta valga a misurarla: la qual cosa, adoperando il solito apparato portatile, e levandolo in alto semplicemente colla mano, sia in campagna aperta, sia in qualche luogo eminente sì, ma non troppo, non accade che in tempo di qualche forte temporale. Sebbene anche allora può servire cotal apparato, tenendolo più basso, e posando l'elettrometro fino sul suolo, può dico, servire, meglio sempre colla fiamma che senza, a mostrare come, e con qual forza l'elettricità del temporale medesimo giugne vicino a terra. Io ho in questo modo avuto segni più d'una volta, e talora sensibilissimi, posando sul suolo in mezzo ad un giardino, o ad una corte il semplice elettrometro (senza cioè la solita verghetta metallica) col candelino inserito immediatamente sul suo cappelletto, sicchè la fiamma non distava da terra che pochi pollici.

Si può in questi casi di forte elettricità atmosferica, siccome pure negli altri più frequenti, in cui ella è sensibile a segno di far divergere di 2, o 3 gradi le paglie dell'elettrometro provveduto della sua verga conduttrice, ed innalzato quanto può

farsi comodamente colla mano, si può a scanso di quel poco più d'imbarazzo che porta l'adattare in cima ed accendervi il zolfanello, tralasciar di ciò fare, non essendo assolutamente necessario. Ad ogni modo io sostengo che sarà sempre vantaggioso, anche allora che ne compajono in questa più semplice maniera 2, 3, 4 gradi, di servirsi della fiamma, per la ragione che accrescendo questa più del doppio e quasi del triplo, come è fatto costante, cotali segni, veniamo con ciò ad avere una scala più estesa per le osservazioni comparate. Oltredichè per questo mezzo della fiamma, e non già nell'altra maniera, l'elettrometro ne viene a segnare il giusto e preciso grado di quell'elettricità che regna nello strato d'aria, ove porta la testa il conduttore atmosferico: ciò che accenno quì solamente, riservandomi a farlo vedere in altro luogo, là dove le cagioni e la maniera porrò in chiaro, onde la fiamma è cotanto disposta a contrarre l'elettricità dell'aria.

Ho dunque ragione di raccomandare l'uso della fiamma per simili osservazioni senza riserva, senza restrizione di sorta. Quanto al condensatore, ho fatte già le debite restrizioni, perciò che riguarda le osservazioni comparate: dal che apparisce che son ben lungi dal consigliarne l'uso indistintamente; e che lo disapprovo anzi, trattandosi di tali osservazioni comparate, ogni qualvolta senza di lui si rende già sensibile l'elettricità atmosferica, e giunge a più gradi. Or andrò anche più innanzi, e concederò che il condensatore sia di poca o nes-

suna utilità, eziandio per delle osservazioni isolate, ed anche riuscir possa nocevole, qualora l' elettricità è abbastanza sensibile senza il suo intervento: tutto questo concederò; purchè non mi si contrasti la grandissima sua utilità in molti incontri, ne' quali diviene di un soccorso unico impareggiabile; ed è quando senza di lui non ci è dato di scoprire la minima elettricità, sia per lo stato medesimo dell' atmosfera, sia per la situazione poco favorevole in cui ci troviamo per questa sorta di osservazioni, come allorquando siamo circondati d' alberi, da case ec. Quante volte infatti non ho io ottenuto de' segni non equivoci ed anche forti di elettricità per mezzo del condensatore, non solamente sperimentando coll'elettrometro atmosferico portatile, di cui ora si tratta, ma sibbene con un gran conduttore fisso, eretto alla foggia de' Frankliniani sulla sommità d' un edificio; quante volte, dico, non ho io ottenuto de' segni distintissimi applicando all' uno o all' altro di tali apparati il condensatore, in tempo che lasciando di valermi di questo prezioso strumento non ottenea nè dall' uno nè dall' altro il minimo che, non mi era cioè possibile di scoprire alcun indizio di elettricità atmosferica?

Quanto all' elettrometro portatile, basti di dire che ne ottengo segni stando ad una finestra, che guarda una piazza od un giardino, e fuora portando da essa l' istrumento provveduto della sua verga metallica e della fiamma, quanto può estendersi comodamente il braccio. In questo modo non solamente in occasione di temporale che non è ma-

raviglia, ma talora anche a Ciel sereno, e più sovente cadendo pioggia, e immancabilmente ove domini una folta e bassa nebbia, mi riesce d'aver de' segni, malgrado la vicinanza del muro e del tetto, che tanto rubano dell' elettricità dell' aria, e di averli anche senza il condensatore; il più delle volte però, sendo il Ciel sereno, o coperto senza temporale, ho bisogno dell' ajuto di questo strumento.

Riguardo alla combinazione sopraccennata del condensatore coi noti conduttori Frankliniani, permettetemi Signore, ch' io vi trattenga alcun poco anche intorno a questo. Prima che il Sig. di Saussure insegnato ci avesse il modo di esplorare con gran comodo e vantaggio l' elettricità atmosferica per mezzo dell' elettrometro portatile di Cavallo, aggiugnendovi con sì felice riuscita quella verga metallica lunga circa due piedi, di cui tante volte si è parlato; io faceva (non altrimenti che si solea fare dagli altri Fisici intenti a simili ricerche) le mie osservazioni sopra un gran Conduttore isolato, e terminante in punta posto in cima ad una torre, a cui era attaccato un filo di ferro, che similmente isolato prolungavasi fino nella camera di osservazione. Quantunque io ottenessi da cotale apparato dei segni di elettricità, anche senza impiegarvi il condensatore; ciò però non avveniva di frequente, ed eran quelli per lo più deboli all' ultimo grado, salvo che all' avvicinarsi di qualche temporale, al sopraggiugnere di alcune pioggie improvvise, o delle nevi. D'ordinario quando si esplorava il filo

conduttore, o fosse il Cielo sereno, o coperto da nubi non temporalesche, non moveva punto l'elettroscopio il più sensibile: solamente lo moveva un tantino nelle ore di bel sole e d'aria asciutta, e talora un poco più al tramontare di lui, e al primo formarsi della rugiada. Fuori di queste circostanze l'elettricità atmosferica sembrava nulla: ond'io sarei stato obbligato di notare il più sovente zero di elettricità, se chiamato non avessi in soccorso il mio condensatore, il quale non mancò quasi mai di scoprirmi qualche elettricità in quell'aria, che ne sembrava priva; e non già solo l'esistenza, ma ben anche la specie della medesima.

Sul principio, quando avendo di fresco inventato il condensatore, ne feci l'applicazione all'ingrandimento de' segni dell' elettricità atmosferica, io disponeva le cose nel seguente modo: il piatto metallico del condensatore posato sul suo piano di marmo, od altro equivalente, si portava a toccare il fil di ferro del conduttore atmosferico, e rimaneva in tal contatto un sufficiente spazio di tempo, passato il quale si ritirava tuttavia unito a detto piano, guardando di non toccarlo altrimenti; indi si disgiungeva levandolo speditamente in alto per mezzo del suo manico isolante, e si passava ad esplorarlo con un dilicatissimo elettrometro a boccetta. Questo metodo è quello ch'io descrissi, prescrivendo tutte le richieste attenzioni, nella mia Memoria sul condensatore, ch'io avuto occasione più volte di citare. Ma non istetti lungo tempo ad accorgermi, che questa manipolazione mancava

sovente del suo buon successo, segnatamente quando l'elettricità dell'aria non s'istillava che lentissimamente nel conduttore; nè guari tardai a comprenderne la ragione. Io aveva già avvertito nella detta Memoria, che applicandolo al conduttore atmosferico d'uopo era che vi stesse unito un tempo considerabile quando l'elettricità dell'aria era debolissima, per raccoglierne pure una dose sufficiente. Questo tempo richiesto è ora di 2, o 3 minuti, ora di 6, 8, 10, ed anche dipiù, in ragione della minor forza dell'elettricità dominante, e della maggiore secchezza dell'aria, che rendendola più *coibente* impedisce o ritarda la trasfusione della sua elettricità nel conduttore. Or qual è il piano di marmo od altro inserviente al condensatore, il quale tenga l'elettricità confinata nel piatto metallico sovrapposto, senza punto rubargliela, senza darle ricetto nel proprio seno, lo spazio di 10, 12 e più minuti? Nessuno; giacchè non debbe già essere quello un piano perfettamente *coibente*, ma mezzo tra coibente e deferente, quale appunto il marmo asciutto, l'incerato ec. Si vede per tanto, che più è lungo il tempo che il condensatore, cioè il piatto metallico unito al piano semi-coibente, sta applicato al conduttore atmosferico, e più di quella elettricità, che s'infonde in detto piano va persa, onde trovasi infine averne raccolto ben poca. Di quì dunque la cattiva riuscita, allorchè il condensatore dovea stare più di un minuto, di due, di tre applicato al conduttore

atmosferico per contrarne una sensibil dose di elettricità.

Ciò veggendo pensai a un altro modo di far servire il condensatore, che non avesse un tale inconveniente, e lo trovai che corrispose perfettamente all'intento; ed è quello, di cui ho già fatto cenno nella 2.a lettera. Invece dunque di portare in contatto del fil di ferro del conduttore atmosferico il condensatore, appicco a quello l'uncino d'una boccetta di Leyden in guisa, che non rimanga già isolata la sua armatura esterna, ma comunichi col suolo. Questa boccetta la lascio così annessa al filo conduttore tutto il tempo richiesto, talvolta cioè un quarto d'ora, talvolta più; indi la ritiro, che ha ricevuto una carica qualunque (niente o quasi niente essendo andato perso, supposto che la boccetta sia in buon ordine, dell'elettricità che mano mano è venuta ricevendo), e me ne valgo per far giuocare nella solita maniera il condensatore. Or io vi dirò, che con questo metodo, ch'è anche meno imbarazzante dell'altro, e che ho seguito per più anni, ho ottenuto, se non sempre, il più delle volte segni di elettricità, non di rado ancora delle scintillette, in tempo che non impiegando il condensatore, od anche impiegandolo, ma senza l'intervento della boccetta, l'elettricità del conduttore atmosferico parea nulla affatto.

Mi si domanderà forse quì, com'io concepisca, che la boccetta possa contrarre una carica qualunque per un'elettricità estremamente debole dell'a-

ria, qual' è ex. gr. quella che domina a Ciel sereno, dopo che ho io medesimo mostrato nella lettera 2ª. che una tale elettricità non viene trasmessa realmente, non s' insinua punto nel conduttore dell' elettrometro atmosferico portatile, operando su di esso soltanto per via di *pressione* ec. E che? Vi avrà dunque una differenza essenziale tra questo elettrometro da tasca sormontato dalla sua verga metallica che termina in punta, ed un gran conduttore fisso, che porta egualmente la sua punta in aria; sicchè atto sia quest' ultimo a dare una qualche carica alla boccetta di Leyden, e niente il primo?

A ciò rispondo che supposto anche che al conduttore Frankliniano molto elevato, non altrimenti che al piccolo conduttore del nostro elettrometro portatile, punto o poco s' infonda dell' elettricità, ond' è l' aria imbevuta; pure, siccome non lascia questa di agire sopra di lui giusta le note leggi delle atmosfere elettriche, di smovere cioè il fluido elettrico suo proprio (obbligandolo a condensarsi verso l' estremità inferiore, se l' elettricità dell' aria che involge la superiore è *positiva*, e tutto all' opposto se è *negativa*); così essendo il conduttore di cui si tratta, il quale dall' alto d' un edificio si prolunga fino alla camera d' osservazione, di una capacità molto grande, evidente cosa è, che la quantità di fluido elettrico, che vi viene per tal azione smossa (ritirandosi dalla sua cima al fondo, o viceversa) dovrà essere tanto più considerabile, che quella che viene smossa nella verghetta metallica ond' è armato

l'elettrometro atmosferico portatile, quanto il primo s'innalza più del secondo, ed ha maggiore capacità. Or dunque non è maraviglia che cotale quantità di fluido smosso arrivi al segno d'indurre nella boccetta di Leyden, che si applica all'estremità inferiore di quel lunghissimo e capace conduttore, una carica; la quale sebben debole all'estremo, e impercettibile per se stessa, attesa la capacità molto più grande ancora di essa boccetta, giunga però ad essere sensibile col soccorso del condensatore.

Tutto ciò supposto che il gran conduttore Frankliniano non s'imbeva punto dell'elettricità dell'aria. Ma è egli poi così? Ho accennato già che non può dirsi ciò a rigore neppure pel piccolo conduttore dell'elettrometro portatile, nel quale un qualche poco di elettricità, sebbene a stento, e lentissimamente, s'infonde dell'aria quando non sia debolissima: or a quella altezza, a cui giunge la punta del gran conduttore Frankliniano, l'elettricità dell'atmosfera è di raro cotanto debole, che insinuar non se ne possa qualche piccola dose in esso conduttore, la quale aggiunta alla porzione del suo proprio fluido che viene smosso, come si è detto, concorre pure a caricare la boccetta. Parlo di piccola dose, e di gran lentezza che soffre ad infondervisi; perchè infatti non veggiamo che tal conduttore dia frequentemente da se stesso sensibili segni di elettricità, facendo mestieri per lopiù ricorrere all'artifizio del condensatore coll'intervento della boccetta. Questa elettricità, anche non debolissima, a tal che, esplorandola colla fiamma che la

sugge facilmente, e celeremente, manifesterebbesi a dirittura (cioè senza far uso del condensatore) forte di 30, 40, e più gradi dell'elettrometro a boccetta, ha dunque una grandissima difficoltà, mancando la fiamma, a staccarsi dall'aria per entrare in un conduttore quanto si voglia perfetto, qual è il metallico, e sia pure acuminato; ciò che non si sarebbe creduto: quindi è che non vi si depone infatti che in parte, e assai lentamente. Ecco perchè fa bisogno sovente di 8, 10 minuti, ed anche d'un quarto d'ora, a far sì che la boccetta di Leyden acquisti dal filo conduttore quella meschina, dirò quasi infinitamente piccola carica, capace appena di esser resa sensibile mercè il giuoco del condensatore.

Ma lasciam da parte una volta i gran conduttori atmosferici innalzati sulla sommità delle case sopra le torri ec., più acconci per le osservazioni dell'elettricità straordinariamente viva e strepitosa, quale si manifesta nel forte de' temporali, e di quella ancora molto animata che nasce talvolta al cader di certe piogge, e più spesso in tempo di neve; più acconci, dico, per le sperienze su cotale energica elettricità, che per seguire gli andamenti, e le vicende dell'elettricità blanda e moderata dell'aria serena, calma o ventosa, secca o umida, della rugiada, delle nebbie, e delle nubi non temporalesche; elettricità che egli è più importante di studiare, essendo essa finalmente la sorgente di quell'altra tumultuosa e indomita: lasciamo sì da parte que' conduttori machinosi, e ritorniamo al nostro

elettrometro atmosferico portatile fatto per le osservazioni di cotesta elettricità tranquilla, in cui riesce di un uso più sicuro e molto più esteso, soprattutto ne' tempi umidi, per la ragione che gli si può di leggieri conservare un perfetto isolamento; ciò che riesce quasi impossibile di praticare coi gran conduttori fissi.

E quì non sarà inutile il far osservare, come egli è appunto per un tale isolamento imperfetto di cotesti grandi conduttori esposti di continuo all' aria, e perchè i segni di un' *elettricità* semplicemente *di pressione* non possono sostenersi gran tempo (il fluido elettrico riuscendo alla lunga a scappar fuora, e ad abbandonare quella parte del conduttore, in cui per la detta pressione ossia *azione dell' atmosfera elettrica* era stato condensato), egli è, dico, per queste ragioni, che i gran conduttori non danno sovente alcun segno di elettricità; giacchè converrebbe, per averli in virtù della semplice *pressione*, innalzare il conduttore isolato a dovere allora allora che si vuol fare l' osservazione, nè punto dar tempo al fluido elettrico smosso, e condensato, ex. gr. nella parte inferiore di detto conduttore di effondersi: e per aver segni costanti di un' elettricità incessante (al che richiedesi, che vi s' infonda realmente e continuamente quella dell' aria) converrebbe porre in cima del conduttore Frankliniano un candelino acceso, come io pratico col piccolo conduttore portatile, il quale per questa sola aggiunta supera tutti i grandi. Non è dunque più maraviglia che cotesti elevatissimi conduttori, ma mancanti della fiamma,

e nella cattiva disposizione in cui altronde si trovano riguardo all'isolamento, ne' giorni massimamente umidi, non diano sovente alcun segno di elettricità, neppure ricorrendo alla boccetta di Leyden e al condensatore, in tempo che il nostro piccolo apparato da tasca non manca di darne in luogo men alto, sopra una terrazza ex. gr. della medesima casa, innalzandolo alla semplice maniera del Sig. di Saussure; o, se non basta, aggiugnendovi, alla mia maniera, il zolfanello acceso; e in caso di necessità, ricorrendo al condensatore.

A proposito del qual condensatore, riflettendo sù tuttociò che ho esposto fin quì, m'accorgo d'avere, senza che tale fosse il mio assunto, soddisfatto intieramente a quanto l'Accademia di Harlem domandò pochi anni sono, proponendo per soggetto di un premio di determinare il vero e proprio uso del condensatore per esplorare l'elettricità atmosferica: alla qual domanda in vero non sò che alcuno abbia ancora risposto come conviene. Bisogna confessare, che i giudizj che si sono portati sopra quest'istrumento sono andati troppo in là, trascorrendo a due estremi opposti. Chi ha vantato ed esaltato il condensatore oltre il dovere, e chi ha mostrato di diffidarne troppo. Per me, con tutta la propensione che non si può non avere per una invenzion propria, mi sono studiato di prendere una via di mezzo, e credo aver ridotta la cosa al suo giusto valore. Non ho punto dissimulato, che quest'instrumento può indurci in errore, qualor si tratti di osservazioni comparate, atteso che molte circostanze

di lor natura molto variabili fanno variare altresì (mi sia lecito di così esprimermi) la di lui *virtù condensatrice*. Ho fatto vedere ad ogni modo come si possa con esso calcolare, almeno all'ingrosso, la forza dell'elettricità atmosferica, riteneudo che la sua virtù di coudensare vada a 120 volte, come con altra serie di sperienze riferite nella prima lettera, ho creduto poter determinare. Ho spiegato l'imperfezione del mio primo metodo di esplorare col suo mezzo la debolissima elettricità atmosferica, il qual metodo consisteva in applicare detto condensatore immediatamente al filo di ferro del conduttore atmosferico; e come, e con qual successo ho sostituito poco tempo dopo l'altro metodo di gran lunga migliore, che è quello di far intervenire la boccetta di Leyden. Ho avvertito con farne cenno in più d'un luogo, che bisogna mantenere il condensatore in buon stato, e servirsene con destrezza, senza molto estendermi sopra di ciò, avendo circostanziatamente trattato di tutto quello che vi ha relazione, e delle necessarie attenzioni nella Memoria sopra il Condensatore più volte citata. Ho insegnato a riunire in un corpo solo il condensatore e l'elettrometro, con non piccolo comodo e vantaggio. Infine ho mostrata la sua decisa utilità, anzi il bisogno indispensabile che ne abbiamo in alcuni casi, che ho indicati. Tauto, e forse neppur tanto, richiedeva la questione proposta per il premio. Ma io, ardisco dire, ho fatto dipiù; dacchè vi ho aggiunto un'altra scoperta, che molto interessa il coudensatore medesimo, e ne estende pro-

digiosamente l'uso: parlo del ritrovato della fiamma, la quale posta in cima alla piccol'asta dell'elettrometro atmosferico portatile, ne accresce digià per se stessa quasi del triplo i segni elettrici, e quel che è più, la rende disposta a contrarre realmente (non per semplice *pressione*) l'elettricità dell'aria, a succhiarla davvero, e quindi atta a caricare in qualche modo una boccetta di Leyden, ciò che conduce finalmente a profittare del condensatore per un ulteriore ingrandimento molto più considerabile dei medesimi segni elettrici: cose tutte, che non potrebbero aver luogo senza un tale ajuto della fiamma. Con tutte queste io son ben lungi dal pretendere, che a me venga decretato il premio proposto dall'Accademia. Scorso già deve essere il tempo prefisso; ma quando anche non lo fosse, non penserei neppure a presentarmi al concorso. Sono abbastanza contento, se posso colle mie piccole scoperte aprire qualche nuovo campo di ricerche utili, ed animare i Fisici a proseguirle; e soprattutto se giungo ad ottenere la vostra approvazione, o Signore, che per me vale quella di molti.

Mi rimane, avanti finire questa lettera, in cui mi son proposto a compimento della precedente di presentarvi tutti i vantaggi, che ho saputo trarre dall'uso della fiamma, per l'oggetto di esplorare l'elettricità atmosferica, mi rimane di descrivere alcune addizioni, che ho fatte al nostro elettrometro atmosferico, all'uopo di sollevarlo più alto in campo aperto, o di avanzarlo di maggior tratto

fuori della finestra, senza togliergli (che è suo gran pregio) di essere portatile.

In vece di adattare il piccolo conduttore, formato di tre, o quattro pezzi di grosso fil d'acciaro che si avvitano insieme al cappelletto dell'elettrometro a boccetta; l'adatto alla cima della mia canna da viaggio, in modo che resti esso conduttore isolato: per il quale isolamento serve un bastoncino di vetro incrostato di ceralacca della lunghezza di due, o tre pollici. Questo cilindro solido di vetro ha annesso ad un capo un tubo conico di lastra d'ottone, in cui entra e si ferma il puntale della canna, e all'altro capo un cappelletto similmente di ottone, su cui si avvita l'anzidetta verga d'acciaro. Un cordoncino intrecciato di fili d'argento, sicchè formi un conduttore continuo, s'attacca con un nodo, e si lascia pendere da cotesta verghetta lungo tanto, che quando si solleva in alto con una mano la canna così corredata, l'infimo capo di lui terminante in un laccio od anello possa annettersi, o all'uncino di una boccetta di Leyden, od al cappelletto similmente uncinato di un elettrometro a boccetta, che si tiene dall'altra mano in mira agli occhi, e sufficientemente discosto da detta canna: possa, dico, annettersi e sciogliersi a volontà.

La fig. 2. rappresenta tutto l'apparecchio nell'atto che una persona sta esplorando con esso l'elettricità atmosferica in mezzo d'una campagna, d'un giardino, o d'altro sito più o meno aperto. A B è il bastone o canna da viaggio, il pomo della quale

vien impugnato dalla mano sinistra. C il tubo conico d' ottone in cui entra il puntale di detta canna. D la colonnetta di vetro incrostata di ceralacca. E il cappelletto d' ottone su cui è avvitata la verga d' acciaro FG, che porta sulla sua cima G il solito zolfanello acceso, ritenuto da un fil di ferro attorto in spirale o altrimenti. H I finalmente il cordoncino intrecciato di fili metallici, che s' innesta in I all' elettrometro tenuto sollevato dalla mano destra.

È facile vedere, come tutto questo apparecchio si smonta, e può rinchiudersi, a riserva del bastone, in un astuccio tascabile, unitamente al battifuoco, ad una provvisione di zolferini, e ad un bastoncino di vetro metà nudo, e metà coperto di cera spagna, che serve, allorchè si hanno de' segni d' elettricità, a farne tosto conoscere la specie. Nello stesso astuccio può farsi luogo altresì ad una picciola boccetta di Leyden che sarà ottima se sia di quelle preparate alla maniera del Sig. Cavallo per conservarsi cariche in tasca, e dovunque per molti giorni: come pure v' è luogo pel condensatore, che va unito all' elettrometro, e che consiste, come lo ho descritto nella I.ª lettera, in un piattello d' ottone del diametro di due, o tre pollici, ed una benda poco più larga di taffettà, cerata o verniciata.

Non istarò io qui a descrivere la forma, e gli scompartimenti di tale astuccio, che possono combinarsi in varie maniere e a fantasia di ciascuno: dirò solo che nel mio, a risparmio di sito, profitto della cavità del manico C, che riman vuota smon-

tandolo dal bastone, per nascondervi la spirale di fil di ferro G, e il cordoncino II ripiegato; che il piattello condensatore lo serro a modo di coperchio di scatola contra il fondo dell'elettrometro; e che colla benda di taffettà cerato fascio la boccetta di questo. Finalmente dirò che ho trovato più comodo di fare degli astucci o custodie separate, una per ciascuno de' due elettrometri, ed una per tutti gli altri pezzi insieme.

Potrebbesi, se ad alcuno piacesse, congegnare in modo un bastone internamente cavo, che esso solo contenesse de' pezzi per allungarlo, e più verghe metalliche per allungare similmente il conduttore; e nel quale si rinchiudessero inoltre tutti, o quasi tutti gli altri articoli inservienti. Ma io amo meglio di portarmi in tasca gl' indicati astucci, mediante i quali posso valermi di qualsivoglia bastone, d'una pertica più o meno lunga, secondo l'opportunità ec.

Quanto al vantaggio che si ha esplorando l'elettricità atmosferica con tal apparato, lo comprende ognuno: ognun vede, che in generale si otterranno de' segni tanto più vivi, quanto più in alto si porta la fiamma che bee l'elettricità dell' aria. Che se paresse ciò troppo vago, e qualche cosa si desiderasse da me di più determinato, dirò, che in molte prove che ho fatte ho veduto, che dove alzando semplicemente colla mano l' elettrometro armato della verga metallica nuda alla maniera di Saussure, sicchè giugnesse la di lei punta a 7 piedi circa da terra, si aveano e. g. 2 gradi di elettricità, e munita

detta verga alla mia manicra del solfanello acceso crescevano a 5, sollevando la medesima per mezzo della canna, nel modo quì indicato, all'altezza di 11 o 12 piedi, i segni elettrici aumentavano un'altra volta più del doppio, oltrepassavano cioè i 10 e i 12 gradi.

Un tal vantaggio è poi più rilevante qualora esplorando l'elettricità atmosferica con inalzare il nostro conduttore soltanto colla mano, avvenga di non averne segno alcuno nè colla fiamma, nè molto meno senza, qualora dico, avvenga di non ottenerne alcun segno, perchè in quei luoghi e tempi in cui si fa la prova, l'aria alta da terra 6 in 7 piedi possiede così debole elettricità, che non arriva a tre parti, o ad un grado; e d'altra parte l'elettrometro è tale, che i suoi pendolini punto non si movono per sì piccola forza, o appena ne danno un dubbio cenno. In tali circostanze di così debole elettricità è pur bello, è pur vantaggioso di poter ottenere 2 buoni gradi, inalzando coll'ajuto della canna la verga metallica munita del solito solferino acceso 4 o 5 piedi dipiù.

Invero sono molto rari i casi, in cui, esplorando l'elettricità in luoghi liberi, si trovi cotanto debole: ciò accade solamente in certi tempi coperti e calmi, e talvolta anche, sendo l'aria serena, nei giorni ed ore caldissime. Ma non è già raro, che manchino i segni all'indicata altezza di 6 o 7 piedi, facendo l'esperienza in luoghi meno aperti, come in fondo di angusta valle, appiè d'erta montagna,

vicino ad alberi, a muraglie ec., ed è allora massimamente, che giova valersi della canna nel modo che si è descritto: giova specialmente, volendosi instituire le osservazioni alla finestra di una stanza, da cui colla mano sola difficilmente si riesce a mandar fuori quanto basta la cima fiammeggiante del conduttore. Dirò anzi che non si riesce neppur troppo bene con un bastone ordinario da viaggio, volendovene uno più lungo, una gran pertica, una canna da pescatore, o simile, acciò la vicinanza del muro non pregiudichi a segno di rendere per lo più impercettibile l'elettricità atmosferica.

Ora dovendosi adoperare cotal lunga canna, o pertica, l'incomodo di tenerla in mano per tutto quel tempo, sovente lungo, che vuol farsi durare l'esperienza, mi ha fatto pensare ad adattarla in una maniera, che sporgendo, come conviene, dalla finestra, rimanesse ferma da se, e acconciamente isolata.

La figura 3.ª rappresenta tutto l'apparato disposto per l'esperienza. ABC è un tavolino col osu piede, il quale può alzarsi più o meno tirando fuori il pezzo B e fissandolo colla vite *o*. Essendo il pezzo inferiore A alto circa 4 piedi, riducesi con poco il tavolino C all'altezza dell'occhio di chi osserva, e può ridursi comodamente a quella di 7 piedi, ed anche più, se occorre. Su detto tavolino sono impiantate a vite due colonnette *fd*, *ge* tutte di legno, fuori del pezzo *d* e del pezzo *e*, vicini alle respettive basi, i quali sono di vetro incrostato di

ceralacca, e servono ad isolare le teste *f*, *g* di coteste colonne in un colla pertica H da esse sostenuta nella guisa che si vede: cioè la testa *f* segata nel mezzo presenta due assicelle, che ricevono la coda spianata della pertica, e ritengonla per mezzo di due piuoli posticci *t*, *u*, quando vuolsi eretta verticalmente, o per mezzo di un solo, quando, come nella figura, vuolsi inclinata, nel qual caso serve di opportuno sostegno l' altra colonna colla sua testa *g* alquanto scavata obliquamente. Ecco dunque la pertica convenientemente isolata, e che sporge fuor della finestra quanto basta: non le manca più che un candelino acceso in cima per ben succhiare l' elettricità dell' aria, e un filo di ferro tirato da cima a fondo per condurla facilmente; e questo filo e questo candelino sono pure indicati nella figura, il primo da *i i*, l' altro da *l*, che rappresenta al dipiù una piccola lanterna di latta, che chiude detto candelino, e lo ripara, al bisogno, dal vento e dalla pioggia.

Dopo una tal descrizione, la maniera di metter in ordine cotest' apparato, di montarlo e smontarlo si spiega da se; onde non mi ci tratterrò più a lungo: dirò solo ch' egli è molto comodo, invece di tenere tutta la pertica di un pezzo, di separarne quella parte che giuoca sopra i due sostegni *f* e *g*, e fare che la porzione che viene ad appoggiare sopra *g*, e ne sporge alquanto, sia cava per lo lungo a forma di bussola, in guisa da ricevere la pertica o canna, che facilmente allora, e

senza tanto imbarazzo, vi s'inserisce e via si leva a volontà.

Io soglio col mio apparato far così: aperta la finestra vi affaccio la tavola montata come sta nella figura, tranne la lunga pertica o canna H, il cui fondo fo che posi sul pavimento della stanza, e la cima s'appoggi all'orlo del tavolino C, per adattarvi la sua lanterna col candelino acceso. Levo allora con una mano e porto fuori della finestra la canna, tenendo fermo coll'altra mano il tronco mobile, ossia la bussola, che riposa sopra *g*, nella quale inserisco la coda della canna medesima.

Può adattarsi la finestra in modo, che resti, a riserva di un vetro solo, tutta chiusa, e quindi difeso l'isolamento, i varj pezzi, e l'osservatore medesimo dalla pioggia e dal vento. S' apra allora metà della finestra, tanto da portar fuori colla mano la lunga pertica, quale inserita a suo luogo, si tornino a chiudere i vetri, salvo quello che lascia passare in dirittura detta pertica.

Non è a dire di quanto vantaggio sia il poter così garantire l'isolamento, le boccette di Leyden il condensatore, gli elettrometri ec. dall'umido che tutto guasta: il potere rimettere e mantenere tutto nel migliore stato con uno scaldino di fuoco, se abbisogna; pel quale, siccome per diversi altri pezzi, v'è luogo sul tavolino medesimo. E di quanto vantaggio non è ancora, restando con le mani in libertà, il poter prolungare le sperienze a piacimento, ed osservare a suo bell'agio l'elettrometro non

traballante come allorchè si tiene in mano, ma fermo e posato sul tavolino? Quivi egli col suo cappelletto sta in contatto del filo conduttore all'estremità *i*, o in qualsivoglia altro punto.

In somma tali e tanti sono i comodi e i vantaggi di quest'apparato, portatile esso pure da casa a casa, e da stanza a stanza, che infine mi son ridotto a sperimentare quasi unicamente con esso, riservando l'altro tascabile per i viaggi soltanto e le passeggiate a luoghi di particolari osservazioni. Giacchè per le osservazioni giornaliere e comparate dell'elettricità atmosferica, di cui si vuol tener registro, non altrimenti che delle altre osservazioni meteorologiche, ognun vede che su quell'apparato massimamente si può contare, che s'adopera sempre nel medesimo luogo, e nella medesima maniera.

Dacchè me ne servo infatti ho motivo di esserne contentissimo. Quando gli altri Meteorologisti, a cui non so finire di raccomandarlo, lo avranno eglino pure messo alla prova, son sicuro, che ne saranno del pari contenti, e che non lo abbandoneranno mai più. Infine l'apparato è semplice, e l'esperienza non costa nè molto tempo nè gran fatica.

Sarà dunque una trascuratezza imperdonabile da quì innanzi, ovunque esista un Osservatorio meteorologico, e non vi si trovi collocato tra i Barometri, Termometri, Igrometri, Anemometri ec. l'Elettrometro con cotesto mio conduttore atmosferico a

lanterna. Nè varrà, che vi abbia invece uno di quelli alla Frankliniana, che tacciono perlopiù e non dan segni che in occasione di temporale; mentre interessa pur molto la meteorologia l'osservare l'elettricità atmosferica in tutti i tempi, il seguirne i suoi andamenti giornalieri; e per tali osservazioni, a cui è inetto il conduttore Frankliniano, abbiam veduto che riesce a meraviglia l'apparato a lanterna da me descritto.

Ma non andrà preferito quello a questo neppur quando l'elettricità atmosferica è forte sì, che da quello si hanno segni abbastanza vivaci? Non ho difficoltà di convenire che se gli debba la preferenza, quando si tratta de' temporali più strepitosi; ma in niun modo trattandosi de' discreti o rimoti, di pioggie o nevi quanto si voglia elettriche: e trattandosi pure di quelle, vuol preferirsi il conduttore Frankliniano, non già perchè sia più fedele ed esatto nel presentarci lo stato dell' elettricità allora dominante, che anzi lo è molto meno del nostro apparato a lanterna; ma in riguardo soltanto della sicurezza in cui pone l' osservatore, qualor vi si abbia provveduto a dovere con quel grosso filo di ferro, *che filo di salute* si chiama, un capo del quale è fissato a picciola distanza del detto conduttore isolato, e l' altro capo si prolunga fin sotto terra, e meglio nell' acqua.

Un simile preservativo dal fulmine potrebbe adattarsi anche al mio apparato, quando si adoprasse sempre fisso ad un luogo; ma essendo egli mobile,

e trasportandosi quà e là, è più facile che si lasci senza; e allora certo sarebbe pericoloso di esporlo nel forte di un temporale. Non disapprovo io pertanto, anzi collaudo che in tal caso per le osservazioni dell' elettricità atmosferica si ricorra ad un conduttore Frankliniano ben munito, piuttosto che al mio non munito del filo scaricatore; soggiungo però, che meglio di tutto sarebbe servirsi di questo sotto la protezione di quello, cioè collocarlo alla finestra dell' osservatorio medesimo che fosse armato del conduttore Frankliniano: e ciò perchè, come già accennai, e vado a provare, tale apparato a lanterna è più fedele ed esatto nell' esibire il vero stato dell' elettricità atmosferica.

Per convincerci che il conduttore Frankliniano può talora ingannare, basta riflettere, che oltre a quella elettricità, che quando è forte vi s' infonde realmente dall' aria, egli risente dipiù un' elettricità di *pressione*, in virtù della quale, supponendola a cagione d' esempio *positiva*, ove venga toccato, ed anche senza venir toccato, ove trovisi male isolato; si scarica egli d' una quantità corrispondente del suo proprio fluido elettricito. Or supponiamo che dopo essersi così scaricato, la nuvola, o lo strato d' aria incombente alla punta di tal conduttore passi da quell' elettricità *positiva* forte che avea, ad una più debole assai, ma tuttavia *positiva;* il conduttore sollevato in gran parte dell' elettricità di *pressione* darà ora segni di elettricità *negativa*, in ragione della perdita del proprio fuoco che ha fatta, la qual

perdita non è più, come dianzi, bilanciata: questi segni son dunque fallaci. Lo stesso avverrà se la nuvola soprastante si ritiri solamente; e più, se in qualunque maniera svanisca essa, o la sua elettricità.

Vi hanno altri casi in cui il linguaggio del conduttore Frankliniano diverrà equivoco o falso: non ne addurrò che un solo per finirla. L'elettricità dell'aria, o d'una nebbia circondante tal conduttore sia debole anzichè nò, tale che agisca quasi unicamente per *pressione*; i segni che se ne avranno saran nulli, o quasi, secondo che si sarà scaricato il conduttore, sia per toccamenti, sia per cattivo isolamento, o supposto anche questo buono, si sarà a lungo andare scaricato in qualche modo del suo proprio fuoco, quanto esige una tal *pressione*, cioè l'azione dell'atmosfera elettrica, o poco meno. Sopravvenga ora qualche pioggia o neve, e sia questa elettrica all'istesso grado, od anche meno di quell'aria, o nebbia; il conduttore comincerà a dar de' segni, che prima non dava per la ragione che ora l'elettricità gli viene realmente infusa dalle goccie d'acqua, o da fiocchi di neve che lo toccano, e bagnano, e sono corpi assai più conduttori dell'aria. Al giudizio pertanto di lui crederemo che l'elettricità sia nata o cresciuta or ora, quando esisteva già prima, o eguale od anche più forte.

E che diremo poi della mancanza de' segni per il guasto, e quasi distrutto isolamento in siffatti conduttori, allorchè l'aria, cui sono continuamente

esposti sì essi, che il corpo destinato ad isolarli, è da lungo tempo, e di soverchio umida? Accade perciò, che sembri sovente nulla l' elettricità in mezzo a delle pioggie e nebbie, in cui altronde è assai più forte che a ciel sereno; che sembri minore al cader della rugiada e poco dopo, che nell' ore più calde del sole; ne' giorni calmi e in quei che sieguono la pioggia, che ne' secchi, e ventosi; quando è pur tutto il contrario.

Ora a simili errori non va punto soggetto il conduttore atmosferico che ho descritto, il quale corredato in cima d' un candelino acceso, bee, mercè della fiamma, l' elettricità dell' aria, qualunque sia debole o forte: la bee, e se ne appropria quant' è necessario per equilibrarsi perfettamente con essa, nel tempo che isolato a dovere in fondo (qual isolamento è facile di conservargli) ritiene codesta elettricità infusagli. Siamo dunque sicuri con questo che non vi può essere mai sbaglio di sorta; che l' elettricità, di cui ci dà segni il nostro apparato, è proprio quella che regna nell' aria lambente la fiamma; ch' essa è tale, e tanta, com' egli ce l' addimostra. Ma di questo indicarci appuntino la forza dell' elettricità onde è animato lo strato d' aria, a cui giunge l' estremità del conduttore portante la fiamma, mi riservo a dar le prove compiute in un' altra lettera, in cui spiegherò la ragione e il modo onde facilmente e prontamente s' infonde e si comparte alla fiamma l' elettricità dell' aria, quando pure è così debole, che a nessun altro conduttore,

quanto si voglia acuminato, può infondersi, se non a grande stento, lentissimamente e in pochissima quantità.

Porrò fine intanto alla presente con mettervi sott' occhio, o Signore, siccome un saggio delle osservazioni da me fatte pel corso di più mesi, la forza de' segni, che comunemente ottengo col mio conduttore a lanterna (consistente in una canna da pescatore lunga 12 piedi portata da una specie di candelabro alto 5 in 6, che mando fuori da una finestra del secondo piano, la quale guarda un giardino) i segni, dico, che ottengo d' ordinario, secondo le diverse stagioni, e le ore del giorno, da quella elettricità blanda che regna a ciel sereno, a cielo coperto, e in tempo di nebbia più o men folta; lasciando gli accidenti di pioggie, di nevi e di temporali, in cui, specialmente negli ultimi, varia troppo l' elettricità atmosferica, per poterne indicare neppur all' ingrosso il grado ordinario di forza.

Cominciando dunque dall' elettricità di ciel sereno, e in tempo d' estate, in cui è la più debole di tutto l' anno, dirovvi, che non l' ho trovata mai minore, neppur alla notte, di 3 gradi del mio elettrometro a paglie sottili: che poco dopo il mezzo giorno suol essere di 5 o 6: e all' entrar della notte di 8, ed anche più, a norma della rugiada.

A cielo coperto, anche senza apparenza di temporale, qualche volta ho avuto segni di elettricità più forti; d' ordinario però sono stati più deboli

assai che col sereno, fino a non averne punto di sensibile in qualche ora soffocata, e a dover ricorrere al condensatore per ottenerne. Ma questo caso è rarissimo, nè dura mai che brevissimo tempo cotal languore dell' elettricità, e per lo più accade soltanto nel passaggio dall' elettricità *positiva* alla *negativa*, o viceversa, che ha luogo allorchè è imminente la pioggia e già comincia, oppure che cessa dal piovere.

D' inverno a ciel sereno, e massime durante il gelo, ho ottenuto sempre col mio apparato segni di gran lunga più forti, comunemente da 10 gradi fino a 20: rare volte meno di 8 nelle ore poco propizie della notte avanzata, e in sull' aurora. A cielo poi coperto, sebben fossero sovente più deboli, non lo furono mai tanto come in estate, fuorchè immediatamente avanti la pioggia, o alla prima sua comparsa, in cui li vidi similmente cessare, e dar luogo all' elettricità di specie contraria, cioè alla negativa, che accompagna d' ordinario la pioggia.

Resta a parlar delle nebbie. In queste osservai sempre un' elettricità straordinariamente forte, e più forte in ragione ch' eran più dense, e massime se il tempo era freddissimo, e gelava, e più ancora se la nebbia sentiva d' odore. Se mi domandate a quanti gradi ascendeva l' elettrometro, dirovvi, che il più sensibile a paglie sottili già più non serviva, oltrepassando l' elettricità i termini della sua scala; onde facea d' uopo consultar l' altro a pendolini più pesanti, il quale neppur esso bastò in alcuni incon-

trì, e convenne adoperare il quadrante elettrometro. Infine dirovvi, che il mio apparato contrasse da alcune nebbie fino a 60 e più gradi di elettricità: comunemente però si tenne tra i 30 e i 40.

È superfluo ora il dire, che quando mi recai a fare l'esperienza ad una finestra più alta, a quella ex. gr. d'una torretta, e quando invece della solita canna di 12 piedi impiegai una pertica più lunga, che arrivava cioè a 18 o 20 piedi, ebbi rispettivamente a ciascun tempo de' segni elettrici molto più vivi; che i soprannotati. Siccome però l'apparato diviene in questo caso imbarazzante, mal potendosi maneggiare con una mano sola cotale smisurata pertica, e male reggendola il candelabro portatile; così mi attengo per le sperienze giornaliere all'anzidetta canna di discretà lunghezza, e poco pesante; e per la comparabilità delle medesime non mi diparto dalla solita finestra. Per altre osservazioni straordinarie, esplorar volendo es. gr. l'elettricità dell'aria più lungi dai muri che m'è possibile, o più in alto, invece di mandar fuori la canna dalla finestra, trasporto il medesimo apparato nel bel mezzo di un giardino, di una campagna sgombra d'alberi, sopra una terrazza scoperta e vi ergo verticalmente (come la figura indica che può farsi) la solita canna, od un'altra pertica più lunga, che s'adatta sullo stesso portante. In tal guisa ho segni a proporzione più forti: cioè sperimentando in mezzo al giardino son questi presso a poco come fuor della finestra che dal secondo piano dà sul giardino medesimo; ma in

campagna aperta vanno, a ciel sereno, a 10, 12, 15 gradi, anche d'estate; e su d'una terrazza, niente niente che sia alta e libera d'intorno, a 20, 30 e più ancora. Che se v' è nebbia folta, arrivano a 50, 80, 100: con che siamo già a scintille, e caricandovi una boccia di Leyden, a scosse ec.

Come distrutta l'elettricità nell'apparato per via di qualche toccamento, pronta bensì rinasce, ma non si rimette tutt' ad un colpo al grado di prima, saper vorrassi in quanto tempo arrivi al suo sommo. Col picciolo apparato tascabile abbiam veduto, che ciò compiesi in pochi secondi: ma con questo conduttore, il quale è assai più capace, vi vuole un minuto, ed anche più, se l'elettricità è molto debole. Or quanto vi vorrà per caricare ad un grado quasi eguale una boccia di Leyden? D' ordinario s'ella non ha più di 10 o 12 poll. quadr. d' armatura, vi vogliono 6 o 8 minuti; se è d'un mezzo piede quadrato 20 o 30.

Ecco quel risultato delle mie osservazioni che può bastare per dar un' idea dei pregj ed eccellenza dell'apparato a lanterna che ho descritto. Vi pare forse ch'io ecceda nel magnificarlo? Trovatemene, tra quanti furon posti in uso fin quì, uno che faccia altrettanto, e dite allora ch' io troppo decanto il mio. Mi si opporranno per avventura, se non i conduttori alla Franklin, troppo lontani dal poter gareggiare con questo, i cervi-volanti, od aquiloni elettrici. Ma chi conosce come non sono questi servibili in ogni tempo, chi sa dipiù l'imbarazzo che

portan seco, e la difficoltà di maneggiarli per cotest'uso specialmente, chi vede infine la poca esattezza che da essi ci potiam promettere nel dinotare i gradi dell'elettricità atmosferica, attesa la grande loro instabilità, può egli non riconoscere la superiorità del mio apparato? di un apparato tanto più semplice, sì comodo, e facile a maneggiarsi dovunque e sempre, tale che l'esperienza non manca mai, e, ciò che più rileva, esattissimo nel segnare i giusti gradi d'elettricità che possiede l'aria in quel dato luogo, e a quella data altezza a cui si fa arrivare.

Ma non più di questo. Sono ec.

LETTERA QUARTA (1)

Il fenomeno della fiamma, che riceve e tramanda l'elettricità dell'aria, sia vaporosa, sia secca, con una facilità e prontezza che non ha pari, dee sembrare al certo sorprendente, e, confesso, che io medesimo non m'aspettava tanto, quando m'avvisai d'impiegare a tal uopo la fiamma (a). Or

---

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica. Vol. 5. pag. 79.

(a) Dopo la pubblicazione fatta nella Biblioteca Fisica d'Europa delle tre lettere precedenti mi occorse di vedere riportato in un'opera periodica inglese (*Monthly Review*), qual ritrovato del Sig. Bennett, l'artifizio di armare d'un candelino acceso, e meglio di una piccola lanterna, il conduttore atmosferico, affine di aver segni più sensibili dell'elettricità aerea. Ivi si riferisce qualmente Egli abbia presentato su di ciò una Memoria alla Società R. di Londra, contenente un giornale di osservazioni da lui fatte con tal apparato pel corso di qualche mese. Il sullodato valente elettricista è stato sicuramente condotto a far questa applicazione della fiamma, dall'aver osservato, come adattando un moccolo acceso al suo delicatissimo elettroscopio a fogliette d'oro (di cui ho reso conto in una nota al principio della lettera 2.ª V. T. I. P. II.ª pag. 65. della pres. collez., contraeva questo assai meglio l'elettricità, che colla nuda punta metallica: la qual esperienza è, tra

quanto il successo superò le mie speranze altrettanto fui eccitato a porre ogni maggiore studio

---

altre molte, riportata dal Sig. Adams nella nuova edizione del suo *Essay on Electricity* già citato in detta nota. Or non facendosi parola in codest' opera stampata sulla fine del 1787 di tal importante applicazione della fiamma per esplorare con vantaggio l' elettricità atmosferica, vi è tutto il fondamento di credere, che solamente alla fine di detto anno, ed anche più tardi, cioè nel corrente 1788, abbia pensato il Sig. Bennett a trarre un tal partito dalla fiamma. Il giornale Inglese infatti, che ne parla è del mese di maggio o giugno 1788, e ne parla come di cosa assai recente. La data all' incontro delle mie tre lettere pubblicate negli antecedenti volumi della suddetta Raccolta, è del mese di luglio dello scorso anno 1787 e dell'agosto seguente la data della 4, 5 e 6 lettera, inviate le une e le altre di mano in mano al Sig. Lichtenberg, e comunicate altresì poche settimane dopo ai Sigg. de Saussure e Pictet ed altri amici, in occasione di un giro che feci nel settembre al Lago di Ginevra. Ognun comprende, che più antica, che quella di codeste lettere, si è l'epoca delle prime mie sperienze di questo genere. Che se bramisi sapere di quanto ella è più antica, dirò che cominciaron l' esperienze col cominciare del detto anno 1787, tempo in cui m' avvisai di porre in cima all' elettroscopio atmosferico portatile prima un focherello d' artificio, poi un semplice candelino od un solfanello, e da ultimo la piccola lanterna, le quali sperienze avendo avuto quel felice successo, che ho mostrato, ne diedi parte poco dopo, cioè avanti la fine dello scorso inverno, al Signore Saussure già nominato, ai Sigg. Landriani, Moscati, Van-Marum e ad altri miei amici e corrispondenti, a' quali scrissi in succinto ciò, che in appresso son venuto più ampiamente esponendo in queste lettere al

nell'esame di un fenomeno siffatto; nè andò guari, che tutta ne scopersi la ragione e il modo, come giudicar potrete, mio caro Signore, dall'esposizione, che vado a farvene in questa lettera. Prima però soffrite, ch'io vi trattenga alcun poco intorno ad un'idea, che volgo in capo: è questa il progetto di un'esperienza, che amo appunto di comunicarvi avanti d'accingermi a tentarla.

Veduto quali e quanti vantaggi io posso ritrarre dalla fiamma e dal condensatore, per raccorre l'elettricità sparsa, e da impercettibile affatto renderla sensibilissima, io penso ora colla scorta di tali presidj di sottoporre alla prova i vapori dell'acqua bollente, ed anche non bollente, introdotti ed accumulati, nel modo che troverò meglio convenire, in una grande ed alta sala, siccome pure altre specie di vapori e di fumi, che vi farò sa-

---

Sig. Lichtenberg, che ora si pubblicano. Ho voluto fare palese tutto questo, non per applaudirmi dell'anteriorità di una scoperta, la quale importa poco pel progresso della Meteorologia elettrica da chi sia stata fatta; ma per difendermi dall'accusa, che mi si potesse portare di plagiato: dalla qual accusa debb'essere egualmente al coperto il Sig. Bennett, che senza saputa delle mie sperienze, in seguito alle sue proprie è giunto al medesimo ritrovamento. Infine chiunque di noi due sia stato il primo (che non ardirei con tutte le presunzioni già allegate attribuirmi con piena sicurezza tal vanto) siccome non è avvenuto, nè poteva avvenire, stante la nessuna comunicazione, che uno apprendesse la cosa dall'altro: così ciascuno ha diritto di chiamarsi scopritore.

lire in copia, più o men grande. Chi sa che sollevando allora verso la volta di questa sala l'elettroscopio munito della verghetta metallica, e del candelino o zolfanello acceso in cima, e facendo uso della boccettina di Leyden, e quindi del condensatore (non altrimenti che soglio fare circa l'elettricità dell'atmosfera, quando per tutto altro modo ella è impercettibile) chi sa, dico, ch'io non ottenga da cotai vapori, che formati al basso cominciano verso l'alto della sala a disfarsi o condensarsi, qualche segno di elettricità? Se ciò riesce, non dubito punto, che codesta elettricità non sia per essere anch'essa della specie *positiva*, come vuole la mia teoria, e come è quella appunto dell'aria libera più o men vaporosa, della nebbia, della rugiada.

Mi manca un'esperienza di questa fatta per porre l'ultimo suggello all'accennata mia teoria sull'origine dell'elettricità atmosferica *in più*, cui io deduco dai vapori, che si innalzano arricchiti di fluido elettrico a spese della terra, fondandomi sulla scoperta, che feci fin dal principio del 1782 (1), dell'elettricità sempre *in meno*, che si manifesta

---

(1) Se dee far maraviglia che questa scoperta interamente dovuta al nostro cel. Autore (v. P. I. pag. 270) sia stata dal Libes *Traité de Physique* ec. erroneamente attribuita a Lavoisier, tentando d'involarla all'onore del nome Italiano, mentre Lavoisier e Laplace se ne confessano debitori a Volta, dee sorprendere di più che questo errore siasi riprodotto in Italia (V. *Traduz. del trattato suddetto* Vol. 3. I. 12. cap. 8).

negli apparecchi isolati, da cui, sia coll' ebullizione, sia coll'effervescenza, od anche colla semplice combustione si fanno salire copiosi vapori (*a*). Mi man-

---

(*a*) Questa scoperta fu da me resa pubblica con un *Appendice* alla memoria sul Condensatore (V. la P. 2.ª pag. 270 della presente Collez.) Ivi dopo avere riferite le sperienze che la stabiliscono, tirandone una facile conseguenza, io soggiungeva. » Se i corpi risolvendosi in vapori, o in un » fluido elastico, si caricano di fuoco elettrico a spese » degli altri corpi, e gli elettrizzano quindi *negativamente*, » venendo in seguito i vapori medesimi a condensarsi, » non cercheranno essi di deporre questo carico, e non » produrranno conseguentemente segni di elettricità *posi-* » *tiva*? Ecco ciò, che merita singolarmente d'essere ve- » rificato coll' esperienza. Io ho già immaginato diversi » modi onde tentare la cosa, che metterò alla prova to- » sto che ne abbia il comodo ». Non tardai infatti a metter mano a vari tentativi, che però per gran tempo e fino al principio del corrente anno 1788 andarono sempre a vuoto. Nè più felice di me fu il Sig. di Saussure in un esperienza fatta all' istesso oggetto, e ch' egli riporta nel Tomo 2 della sua Opera *Voyages dans les Alpes*, *Geneve*. 1786, al capitolo XXVIII, intitolato *Nouvelles Recherches sur l'Electricité Atmospherique*, che ho avuto, ed avrò più volte occasione di citare: la qual esperienza non riuscitagli in piccolo, ei propone ai fisici di ripetere in grande, dicendo che » si vedrebbe se i vapori, dopo aver ru- » bato alla terra il fuoco elettrico, non vanno effettiva- » mente a deporlo, e accumularlo nell'alto dell' atmo- » sfera.

» Infatti, continua egli, mi pare impossibile di trovare » un' altra ragione dell' elettricità positiva, che regna co- » stantemente nell' aria. La quantità prodigiosa di questo

ca, dico, un'esperienza, che scoprir faccia una somigliante elettricità di *eccesso*, prodotta a mia

---

» fluido che cala giù continuamente dall'alto dell'atmo» sfera, infiltrandosi attraverso dell'aria per penetrare nel» l'interiore della terra, debbe necessariamente escirne di » nuovo in qualche maniera; senza di che, o l'aria si esau» rirebbe, o la terra diverrebbe infine saturata. E la circo» lazione perpetua di questo fluido mantenuta col mini» stero de' vapori, è una cosa ammirabile e che ne dee far » colpo: monta egli invisibile ed inattivo, nascosto nel » seno di questi vapori, ma spiegando in seguito la sua » energia, allorchè questi vapori han cambiato di forma, » torna a discendere attivo, animato della sua forza pene» trante ed espansiva; le cime degli alberi, le punte delle » foglie, le barbe delle spiche gli si fanno incontro e lo » sforzano a passare per entro la sostanza de' vegetabili, » che egli anima senza dubbio, e di cui egli diviene forse, » decomponendosi, la parte più saporosa, e più attiva ec. » Segue quindi il Sig. di Saussure a parlare dell'influenza che può avere e che ha probabilmente questa blanda circolazione del fluido elettrico eziandio sull'economia animale. Ma torniamo al proposito delle sperienze che io prima di tntti progettava ad oggetto di comprovare in modo sensibile la mia proposizione, che i vapori cioè condensandosi o cambiando forma spremere denno del loro seno il fluido elettrico, onde s'arricchirono nell'atto del formarsi, e produrre quindi un'elettricità di eccesso.

Se le mie sperienze, siccome pure quelle di Saussure, e di altri non ebbero buon riuscimento, lo ebbero non ha molto alcune del Sig. Bennett, e ciò in grazia d'avervi adoperato quel suo elettroscopio sì delicato a fogliette d'oro di cui ho già avuto occasione di parlare più di una volta. Questa sperienza riportata, fra molte altre, dal Sig. Adams

posta col render l'aria artificialmente vaporosa: sebbene anche senza di una tale sperienza, l'osservazion sola di quella elettricità, che domina ad ognora nell'atmosfera naturalmente pregna di vapori, e maggiormente vi domina nei tempi, e nelle regioni, ove appunto i vapori viepiù si condensano, di quella elettricità, la quale, salvochè accidenti di

nel suo recente *saggio di Elettricità*, che ho citato già nella nota in principio della 2.ª lettera, è semplicissima. Si adattò al cappelletto dell'elettroscopio un largo imbuto di carta, verso il quale si fecer salire i vapori di un poco d'acqua spruzzata sopra uno o due carboni accesi: questi vapori, in tal modo raccolti, e condensati nell'imbuto, vi crearono un'elettricità positiva sensibile a quel delicatissimo elettroscopio.

Non debbo lasciare di avvertire, che la quì indicata sperienza non fu fatta, per quanto pare, prima dell'estate del 1787, in cui io scrivea la presente lettera, o almeno non era peranco resa nota a quel tempo, però a ragione io diceva, che mancava tuttavia al mio sistema sull'elettricità atmosferica quella prova diretta e concludente, che da me riguardavasi come l'*experimentum crucis*, e a cui anelava di arrivare. Ora il Sig. Bennett ce l'ha fornita codesta prova sebbene non così parlante, non così rappresentativa di ciò che accade nell'atmosfera, come quella ch'io proponeva in codesta lettera, d'impregnare cioè di vapori tutta l'aria di una stanza ed esplorarne l'elettricità (che secondo la mia idea, dovrebbe nascerne) con innalzare colà entro al modo solito l'elettrometro atmosferico munito di fiamma, e con impiegare la boccetta di Leyden e il condensatore a raccogliere tal elettricità, che per avventura riuscisse troppo debole.

altro genere (di cui avrò luogo di parlare altrove) non la turbino e invertano, è sempre della stessa specie, cioè *positiva*, sembra poter bastare a confermare l'anzidetta teoria, che da' Fisici di gran nome ho il piacere di veder adottata, fra quali nomino a cagion di onore i Signori Tiberio Cavallo e di Saussure (*a*).

(*a*) Il passo di quest' autore recato nella nota precedente lo fa vedere abbastanza. Giova però addurne qualche altro, in cui si spiega ancor più chiaramente a favore di tal mia teoria. Verso la fine del capitolo, che precede il già citato, riferite avendo le osservazioni sull' elettricità atmosferica da lui fatte in cima di un alto monte, la quale elettricità egli trovò mai sempre *positiva*, soggiugne. » Il » Padre Beccaria avea di già consegnato questo gran fe» nomeno nel suo bel trattato sopra l' elettricità che re» gna ne' tempi sereni. *Della Elettricità terrestre atmo» sferica a Ciel sereno Osservazioni di G. Beccaria*, Torino 1775; ma era riservato al Sig. Volta di trovarne una » spiegazione soddisfacente.... Egli ha fatto vedere che » il fluido elettrico entra nella composizione dei vapori, » che però allorquando il calore attuale del sole o quello » che egli ha per lungo tempo accumulato nel nostro glo» bo, riducono in vapori l' acqua sparsa sulla superficie » della terra, questi vapori si portano via seco una certa » quantità di fluido elettrico; ma che in seguito questi » medesimi vapori innalzandosi verso le parti superiori » dell' atmosfera, incontrano un freddo che li condensa: » che allora il fluido elettrico, che si era combinato con » essi, ridivien libero, e si accumula in quelle alte regio» ni, fino a che le pioggie, i temporali o i conduttori gli » forniscano i mezzi di restituirsi alla terra, d' onde era

Ritornando all'esperienza, che ho in animo di tentare, dirovvi, che aspetto per porvi mano stagion migliore, non parendomi che la state possa dar luogo a un condensamento dei vapori nella sala dell'esperienza così pronto, come richiedesi per av-

---

» originariamente uscito ». Nell' articolo poi XXVIII sopraccitato, in cui tratta più di proposito questa materia, dopo aver riportato alcune sue sperienze in apparenza contradicenti alle mie, e trovata la ragione di tali anomalie, convenendo alla fine nel fatto costante dell' elettricità *negativa* prodotta dalla semplice evaporazione ne' corpi da cui si sollevano i vapori, com' io avea scoperto, e meco di nuovo accordandosi nel ripetere dal fluido elettrico, onde partono arricchiti i vapori della terra e che depongono, siccome ridondante, ne' superiori strati dell' atmosfera, l' elettricità atmosferica, che vi domina, si spiega un' altra volta così. « Non si può dunque far a meno di cre-
» dere col Sig. Volta che l' elettricità atmosferica è essen-
» zialmente positiva; e che quella che si osserva negativa
» in certe pioggie e talvolta ne' temporali, non viene che
» dalle nubi, le quali essendo state esposte alla pressione
» del fluido elettrico contenuto nell' alto dell' atmosfera, e
» delle nubi più elevate, hanno scaricato una parte del
» loro fluido contro la terra, o contro altre nubi, e sono
» rimaste così elettrizzate in meno per effetto di una elet-
» tricità originariamente positiva: precisamente come l' e-
» lettrometro prende un' elettricità negativa e permanente,
» allorchè si tocca nel momento in cui l' aria lo tiene elet-
» trizzato in più. » Tali infatti sono le spiegazioni ch' io ho date in un' Appendice alla mia Memoria sul Condensatore: spiegazioni ancora troppo vaghe e imperfette; ma che riceveranno maggior lume ed estensione da molte nuove osservazioni consegnate nelle susseguenti lettere.

ventura alla buona riuscita. Rimetto dunque il tentativo ad un tempo freddo e secco, che immagino dover esser più favorevole all' intento (*a*).

(*a*) Non debbo lasciare d'informare il Lettore (siccome già ne informai con nuove lettere il Sig. Lichtenberg e il Sig. de Saussure) del pieno successo che ha avuto la progettata sperienza, giusto alcuni mesi dopo, cioè nell'inverno del corrente anno 1788.

Mi son servito per essa dell'apparato a lanterna descritto sulla fine della lettera precedente e l'ho più volte ripetuta col miglior esito. Faceva entrare la lunga canna con in cima la lanterna accesa nella sala destinata, ve la faceva entrare per una porta semiaperta, tanto e con tal inclinazione, che la lanterna si trovasse verso il centro di detta sala, più vicino però alla volta, che al pavimento; sul quale collocata una caldaia d' acqua, or bollente, or calda soltanto 60, 50 gradi, ed anche meno, mi ritirava io fuor della sala nell'altra stanza, ove all'uscio socchiuso trovavasi il tavolino portante la canna ec. per quivi fare l'osservazione col mezzo della solita boccettina di Leyden e del condensatore unito all'elettrometro, come ho ampiamente spiegato nelle lettere precedenti. Or dunque dirò, che quando il tutto era in buon ordine, e in ottimo stato singolarmente gl'isolamenti, mi bastava di tenere la boccetta in contatto della canna, o meglio del filo di ferro che le va unito, lo spazio di un quarto d'ora circa, e talvolta anche solo 5 o 6 minuti, perchè essa boccetta ne contraesse tale carica, da darmi coll'ajuto del condensatore segni sensibilissimi di elettricità e sì di elettricità *positiva*, qual io in virtù del mio sistema avea pronosticato.

Che poi i vapori che si sollevano dall'acqua e non il semplice candelino nella lanterna, o lo strofinarsi dell'aria

Vengo ora alla spiegazione promessa; e comincio dal confrontare, riguardo al potere di sottrarre

riscaldata e messa in corrente, contro le pareti di quella, od altra cagione che immaginar si possa, che, dico, i vapori e non altro fossero la vera cagione di quella elettricità ch'io ottenea, fu facile l'accettarmene col ripetere molte volte l'esperienza senza fare sorger vapori, sopprimendo cioè la caldaja d'acqua calda: nel qual caso, con tutta la più esatta manipolazione nel resto, non ottenea giammai alcun indizio di elettricità. Convien però esser in ciò molto attento, per non prendere abbagli; accadendo non rade volte, che un piccolo residuo di elettricità nell'aria della stanza, in cui si fa la prova, lasciatovi in qualunque modo dalle sperienze precedenti, vi produce dei segni, quando non ve li aspettate.

Fino ad ora avendo fatte codeste sperienze soltanto in camere di una mediocre grandezza, non ho potuto ottener segni elettrici immediatamente dal conduttore innalzatovi, applicandogli cioè a dirittura il più sensibile de' miei elettrometri a paglie (si otterrebbero probabilmente col molto più sensibile di Bennett). Mi è convenuto sempre ricorrere al condensatore e col soccorso pur anche di questo e con tutte le attenzioni usate non ebbi mai che 5, 6 e al più 8 gradi, cioè la divergenza ne' pendolini di 3 in 4 linee. Ma tanto basta al mio intento. Altronde vuolsi considerare, che non ottengo gran fatto di più quando innalzo il medesimo apparato a lanterna verso l'aria vaporosa e elettrica dell'atmosfera, postandolo in mezzo di una strada, di una piccola piazza, o corte angusta, serrato in somma da case o muraglie; e sieguo in tutto e per tutto la medesima manipolazione colla boccetta di Leyden e col condensatore: quivi è ben raro, che con tutto l'ajuto della fiamma io abbia segni di elettricità, senza l'altro soccorso

l' elettricità non solo all' aria, ma in generale a tutti gli altri corpi, e segnatamente ai non conduttori,

---

del condensatore. Se dunque le muraglie dissipano cotanto l' elettricità dell' aria che cingono dai lati, tuttochè rimangavi un apertura verso il cielo, cosa dobbiamo aspettarci di una stanza tutta chiusa? È ben molto, che l' elettricità là entro eccitatavi non si riduca tosto a niente; tanto più, che quell' aria fatta piena a ribocco di vapori acquosi viene ad essere se non un vero conduttore, poco almeno isolante.

Per questa ultima ragione, l' esperienza riesce assai meglio, facendo sorgere e montare in alto altri vapori men umidi, come quelli che esala il carbone che abbrucia. Pongo in luogo della caldaja d' acqua sul pavimento della sala un braciere con pochi carboni accesi, coperti da altri non accesi. La lenta consunzione de' medesimi, massime se accada senza fiamma, e senza fumo, induce ben presto nello strato d' aria superiore la stessa elettricità *positiva*, che vi producono i vapori dell' acqua, la quale elettricità venendo più lentamente rapita dalle muraglie e dalla volta per esser l' aria tenuta asciutta, mi dà segni molto più sensibili, talchè non ho ne pure bisogno di ricorrere al condensatore, bastando di applicare il mio elettrometro sensibile al filo conduttore dell' apparato a lanterna introdotto in quella sala, o di sollevarvi colla mano codesto elettrometro medesimo munito della sua verga metallica e del zolfanello acceso in cima; ciò, dico, bastando, per averne immediatamente 1, 2 e fin 3 gradi di elettricità.

Codesta elettricità è dunque poco o nulla inferiore a quella, che in pari altezza da terra, cioè di 6 o 7 piedi osservasi sovente in campo aperto a ciel sereno, ed è, come vedemmo, della stessa specie, val a dire ognor *positiva*. Chi dubiterà pertanto dopo tali sperienze e tanto imitatrici,

o così detti *coibenti*, comincio, dico, dal confrontar tra loro la fiamma e le punte metalliche. Si è decantata tanto la virtù di queste ultime, se n'è fatto così gran caso, tanto se ne sono occupati i Fisici per ispiegarla (sebbene inutilmente, fino a che non si ebbero formata una giusta e chiara idea delle *atmosfere elettriche*, cagion primaria di tale virtù delle punte) che per esse si è quasi scordata e trascurata, diciam pure, del tutto la forza conduttrice della fiamma, che i primi Elettricisti aveano per altro riconosciuta assai grande. Appresso si riguardò comunemente la fiamma sotto l'aspetto di *dissipatrice* dell'elettricità e poco o nulla sotto quello di *collettrice*: prerogativa, ch'essa, e dopo di lei il fumo, posseggono nel più alto grado. Le

---

che l'elettricità atmosferica naturale non derivi essa pure dalla medesima fonte, non sia prodotta da una causa identica, voglio dire da'vapori che salgono? Chi più anderà in traccia di altre cause, se questa da noi addotta e stabilita con ogni genere di prove trovasi sufficiente all'uopo?

Come poi cotal elettricità atmosferica, sempre blanda a ciel sereno, più risentita nelle nebbie, divenga sì poderosa nelle nubi, massime temporalesche, e meni tanto strepito da folgoreggiare, tonare ec., e come si cangi sovente nella specie contraria, cioè *negativa*, non è difficile lo spiegare; ma non è quì il luogo di farlo: ne ho dato un cenno nella già citata Appendice alla Memoria sul Condensatore, ove trovansi in breve esposte le prime mie idee sull'origine e le vicende dell'elettricità atmosferica, le quali idee, come già accennai, mi si dà occasione di viemeglio sviluppare nelle seguenti lettere.

sperienze per raccorre l'elettricità naturale dell'atmosfera, che ho riportate nelle lettere precedenti, lo provano nella più luminosa maniera. Ciò non di meno ho voluto, perchè nulla restasse a desiderare, esaminar la cosa più dappresso, rivolgendomi ben anche all'elettricità artificiale, ho voluto vedere e toccar con mano ciò che succede, e come succede.

Non vi vuole molto a comprendere, che per somiglianti ricerche, e pel paragone a cui m'accingeva, d'uopo non era che io ricorressi a un'elettricità forte; che anzi contentar mi dovea di una assai debole. Trovai infatti, che se l'elettricità è potente, una punta sottile, e che sporge molto, la riceve e la dissipa presso a poco come la fiamma, e quasi alla medesima distanza; a quella distanza cioè, a cui su detta punta eccitasi un certo qual soffio o corrente, che *venticello elettrico* si chiama.

È facile altresì intendere che la circostanza di questo soffio, che è ormai riconosciuto consistere in una vera corrente d'aria, favorisce grandemente la trasmissione dell'elettricità, che altrimenti non avrebbe luogo se non in piccola parte, sendochè la punta immersa nell'atmosfera elettrica non tocca che un piccol numero di particelle d'aria animate da un'elettricità abbastanza forte per iscaricarla.

Ora quand'anche codeste particelle la deponessero tutta quanta nella detta punta (supposizione, che non può ammettersi, attesa la natura *coibente* dell'aria medesima, che le impedisce di spogliarsi intieramente di quella qualunque elettricità, che

possiede), con tutto ciò non ne risulterebbe ancora, nel caso che l'aria rimanesse in riposo, un'elettricità sensibile nel conduttore, a cui appartiene quella punta, niente niente che tal conduttore fosse *capace*; giacchè cosa sono poche molecole d'aria in confronto di lui? Ma se all'incontro concepiamo tolto il riposo all'aria, ed eccitata una corrente della medesima, sicchè le molecole, che furono già in contatto della punta, spogliate, se non in tutto, in gran parte di loro elettricità, cedano il luogo ad altre non anco spogliate e intatte; ci è facile il vedere come la moltitudine infinita di queste molecole d'aria, che si scaricano una dopo l'altra entro alla punta anche solo di una parte di loro elettricità, giungerà ben tosto ad accumularne una dose considerevole nel conduttore di tal punta armato. La stessa cosa debbe intendersi delle particelle d'aria, che trovansi in contatto di un corpo, da cui emana l'elettricità: la corrente d'aria, ossia venticello elettrico, che si eccita su tal punta favorisce, e promove infinitamente codesta emanazione, e dispersione d'elettricità, non altrimenti che promove e favorisce l'assorbimento, che ne fa, come or ora vedemmo la punta presentata all'atmosfera elettrica.

Abbiam supposta fin qui un'elettricità *positiva*, ossia *in più*, ma è facile il comprendere, che il venticello, e quindi la trasfusione continua avran luogo parimente per l'elettricità *negativa* o *in meno* se si rifletta che simile venticello è un giuoco, dirò meglio, un effetto necessario dell'attrazione e

ripulsione elettrica, le quali forze, com'è noto, operano egualmente nell'una e nell'altra specie di elettricità.

Dopo una tale spiegazione, e premesso, che la fiamma, non altrimenti che ogn'altro corpo fortemente riscaldato, e massime portato all'incandescenza, è un ottimo conduttore, si fa chiaro da se ch'ella debbe rubare l'elettricità all'aria, e a qualsisia altro corpo elettrico, egualmente bene, anzi meglio assai che una punta metallica la più fina: ciò, dico, si fa chiaro, qualor si consideri che la fiamma eccita per se stessa una corrente d'aria più forte e più seguita di quella che può eccitare la sola elettricità su di una punta qualunque. Aggiugnete, che non solamente il corpo della fiamma è *conduttore*, ma che il di lei vivo calore rende tale, o almeno non così coibente l'aria medesima, di mano in mano che vi accorre, e giunge a lambirla; di maniera che si trova essa aria molto più disposta a deporvi del fluido elettrico, od a prenderne, secondo il bisogno, a norma cioè del suo stato di elettricità *positiva*, o *negativa*. Del resto, siccome la corrente dal seno della fiamma si dirige all'insù, ed essa fiamma prende una forma conica, mentre l'aria da lei riscaldata e rarefatta levandosi, e spandendosi a forma di gran pennacchio, promove all'intorno, e per disotto l'affluenza di altr'aria a ristoro del cagionato diradamento; così, non solo dallo strato d'aria a cui tocca il suo apice, ma da più alto eziandio tragge la fiamma a se l'elettricità, cioè da quello strato, a cui giunge colla rapida corrente il

suo vivo calore, quel calore che basta a render l'aria deferente.

Dalla fiamma or torniamo alle osservazioni sulle punte. Un' elettricità assai forte non manca mai di produrre il venticello elettrico, di cui abbiam poco sopra parlato, neppure su di nna punta ottusa, e che poco risalta; la quale per conseguenza non lascia di assorbire più o men celeremente l'elettricità posseduta da un corpo, che le si presenta ad una convenevole distanza. Ma a misura, che l'elettricità è più debole, dessa, come sappiamo, non produce l'nn fenomeno e l'altro, che sopra punte più sporgenti, e più sottili, e in minore distanza. È ella estremamente fiacca? Non ha più luogo il soffio o venticello, e la trasmissione dell' elettricità non si compie neppur essa, se non lentissimamente, per quanto sia affilata e sporgente la punta, per quanto l'intervallo frapposto a detta punta e al corpo elettrico sia piccolissimo; molto meno se codesto corpo non è della classe dei conduttori. Fin le molecole d'aria, che toccano cotal punta sottilissima, e che sono più di tutte e da tal contatto, e dalla pressione dell' atmosfera attuante sollecitate a deporre in essa punta l'elettricità che le anima, e stentano a farlo, e non vengono a capo di spogliarsene, che dopo un tempo notabile: ciò in virtù di quella forza e tenacità, con cui tutti i corpi *non-conduttori* ritengono l'elettricità sia *reale*, sia di *pressione*, quando ella, debole troppo, non fa che miserabili sforzi per isvincolarsi, non giunge a vincere gl' indicati ritegni.

Ecco dunque la virtù delle punte ridotta in molti casi a niente; ogni volta cioè, che o per difetto che abbiano di acutezza o di sporgimento, o per debolezza di elettricità, non ha luogo il venticello. Ecco come la fiamma si lascia addietro di gran lunga una punta metallica la più fina e sporgente che mai possa adoprarsi, nel tirare a se dall' aria, o da qualunque altro corpo più o men coibente l' elettricità, giungendo ad estrarne quella cui niuna punta varrebbe ad assorbire, ad estrarla ed imbeversene largamente, per mezzo della corrente d' aria rapida ed estesa, che essa fiamma non manca mai d' eccitare, e mantenere, finchè dura ad ardere, e mercè il rendere codest' aria col vivo suo calore *deferente*.

Tra molte sperienze che ho fatte per comprovare, e mettere sott' occhio come la *tenacità*, onde i corpi *coibenti* ritengono ostinatamente la debole elettricità in qualunque modo acquistata, tenacità in niun modo vincibile dalle più acute punte metalliche, è all' opposto sì facilmente vinta dalla fiamma, scelgo quelle soltanto che sono più parlanti, e che può ognuno facilmente ripetere. Presentate al di sopra dell' elettrometro a boccetta armato semplicemente della sua verga metallica puntuta, presentategli in distanza di un mezzo pollice, ed anche meno, la faccia resinosa nuda di un elettroforo debolmente elettrizzato, quale e. g. si trova dopo un riposo di più giorni; i pendolini dell' elettrometro si apriranno di 2, 3, 4 gradi: movete innanzi, indietro, e in giro quel piatto, affine di presentare all' apice della verga molti punti della stessa superficie resinosa; questo

non accrescerà, nè sminuirà notabilmente la divergenza di detti pendolini, purchè tengasi cotal piatto sempre alla medesima distanza: visto ciò, ritiratelo, e osserverete cadere i pendolini dell'elettrometro, e giacersi indi paralleli e inerti. Or questo vi addimostra chiaramente, che la punta nulla ha ricevuto, nulla per essa è passato al conduttore, cui appartiene, dell'elettricità che sta affissa all'elettroforo; e che per conseguenza i pendolini dell'elettrometro divergevano, quando il piatto gli stava sopra, soltanto per l'azione dell'atmosfera elettrica per una elettricità non già reale, ma *accidentale*, come io la chiamo, o di semplice *pressione* secondo il linguaggio più comune: tanto vero, che se, prima di ritirare detto piatto, e nel tempo che i pendolini stanno aperti marcando gl'indicati 2, 3, 4 gradi di elettricità, si distrugga tale elettricità con un toccamento, più non risorge ella, finchè tiensi esso piatto a suo luogo, cioè colla faccia resinosa rivolta alla punta metallica attinente all'elettrometro, e nella primiera distanza; che poi ritirandolo, prendono i pendolini di bel nuovo a divergere, e a dar segni di un'elettricità *reale*, e permanente, ma contraria a quella della faccia resinosa, onde già sentirono l'azione: il tutto conformemente alle leggi delle atmosfere elettriche.

Ripetete ora le stesse sperienze, dopo aver adattato un candelino, o un solfanello acceso in cima alla medesima verghetta metallica portata dall'elettrometro, e vedrete come presentandole alla medesima distanza, ed anche ad una assai maggiore, la

faccia nuda dell' elettroforo, i pendolini dell' elettrometro s' apriranno assai più che dei 2, 3, 4 gradi, che facean prima; e come, facendoli cadere con qualche toccamento, si riapriranno di nuovo, tosto che si cessi di toccare; e ciò a più riprese, infino a che lo strato resinoso, perdendo continuamente della sua elettricità, si ridurrà ad essere per la massima parte spogliato: dico *per la massima parte*, perchè ad esserlo intieramente conviene che esso venga in tutta la sua nuda faccia toccato e lambito dalla fiamma, o che poco almeno vi manchi al toccamento. È dunque evidente, che la fiamma si ruba codesta elettricità: lo che confermasi dalla divergenza de' pendolini dell' elettrometro, la quale sussiste, purchè spengasi la fiamma prima di ritirare il piatto, che altrimenti ne promoverebbe essa tosto la dispersione nell' aria (come è facile il comprendere, ed avrò luogo di più ampiamente spiegare) sussiste, dico, anche dopo tolto via detto piatto.

Allorchè l' elettricità di questo, cioè della faccia resinosa è debole a segno, che portata essa fino al contatto della punta metallica non fa divergere che di 1 grado circa i fili di paglia del mio elettrometro più sensibile, non succede, almeno per qualche momento, alcuna trasfusione sensibile di elettricità, malgrado un tale contatto, per quanto ancora rinnovisi, e s' estenda, applicando successivamente a detto apice metallico molti punti di essa superficie resinosa. Così è: il conduttore non ne acquista punto di elettricità *reale*, come mostra la totale caduta dei pendolini al momento che si allontana il piatto, e

con esso togliesi quell' atmosfera elettrica, che li facea alcun poco divergere. Ecco un nuovo esempio della nessuna nessunissima virtù delle punte, là dove l'elettricità impressa ad un corpo isolante è molto debole. Qual confronto pertanto col prodigioso potere della fiamma, la quale sugge, e contrae effettivamente dallo strato resinoso, sol che giunga a toccarlo e lambirlo, anzi pure allorchè dista alcun poco dal contatto, qualsisia più debole elettricità?

Vedesi dunque come van d'accordo le sperienze dell' elettricità artificiale con le sperienze della naturale, riguardo all' efficacia della fiamma paragonata con quella delle punte, di trarre a se, ed appropriarsi l' elettricità, involandola, sia nel contatto, sia in distanza, ai corpi medesimi *isolanti*, i quali ne sono oltremodo tenaci, e non se ne lasciano spogliare che a stento. Sebbene per aver un confronto più esatto, e rappresentare appuntino coll' elettricità artificiale ciò che la naturale atmosferica ci ha fatto vedere intorno alla prevalenza della fiamma sopra le punte, converrebbe porre in parità di circostanze l' una e l' altra elettricità, cioè ridurre l'artificiale ad agir entro all' aria nel modo stesso con cui vi agisce la naturale, e con una forza pari a quella, che d' ordinario ne fa sentire a pochi piedi da terra: la qual cosa non è punto difficile ad ottenersi. Basta spandere per mezzo di una buona macchina, e d' una o più punte annesse al di lei conduttore, tanta copia di elettricità nell' ambiente di una stanza, che basti ad elettrizzarne l' aria più o men vaporosa a segno, che essa aria valesse a muovere di qualche grado un

elettrometro sensibile, portatovi dentro. Allora facendosi sopra a quest' aria elettrizzata artificialmente le medesime prove che abbiam vedute sull' aria naturalmente elettrica della libera atmosfera, ora cioè coll' elettrometro armato della semplice verga acuminata, ed ora col medesimo fornito inoltre della fiammella, troveremmo quì pure nell' ambiente della stanza, come già trovammo nell' aria aperta, una superiorità la più decisa dalla parte della fiamma in assorbire l' elettricità sparsa (*a*).

(*a*) Ho eseguite in appresso le sperienze quivi accennate impiegando, per impregnare di elettricità l' aria della stanza, non altro che una semplice boccetta di Leyden carica mediocremente, ed anche meno che mediocremente, avente cioè appena un terzo o un quarto della carica che può portare, il che viene a 20 gradi circa del mio quadrante elettrometro. Cercasi il mezzo, onde spandere opportunamente, e in breve tempo l' elettricità di questa boccetta nell' aria della stanza? la nostra fiamma dissipatrice, del pari che raccoglitrice dell' elettricità ce lo appresenta. Ecco il modo, tra i molti più o meno acconci, con cui io soglio procedere. Tengo in una mano un bastone di cera di Spagna, in cima al quale arde un candelino, od un solfanello, ritenutovi da un filo di ferro attorto in forma spirale; e impugnata coll' altra mano la boccetta carica ne porto l' uncino a toccare detto filo di ferro; e sì ve lo tengo applicato lo spazio di un mezzo minuto, o di un minuto al più, aggirandomi intanto quà e là per la stanza: per tal maniera quasi tutta la carica della boccetta svanisce, e si diffonde e attacca a quell' aria rinchiusa, raccogliendosi però in maggiore copia verso la volta. Ciò

E quì permettete, o Signore, che io mi trattenga a considerare più particolarmente il giuoco di que-

---

compito io posso, o subito, o, se più mi piace, dopo un'ora, due, tre, quattro, fare a mia posta nell'aria di questa camera tutte le sperienze che si fanno coll'elettrometro atmosferico all'aperto, e farle coll'istessa riuscita: vale a dire, che se inalzando codesto elettrometro atmosferico armato della sola verga metallica senza fiamma, ottengo 2, 3, 4, 6, gradi di elettricità puramente *accidentale*, o di semplice *pressione*, la qual viene per conseguenza distrutta senza risorsa da un sol toccamento del dito, adattando invece alla mia maniera sulla punta di essa verga conduttrice il solfanello acceso, avrò immancabilmente segni due o tre volte più forti di un'elettricità *reale*, e incessante, che risorgerà cioè dopo ciascun toccamento. Posso anche per tal modo caricare un'altra boccetta di Leyden, raccogliendo in questa l'elettricità sparsa dalla prima nell'aria della camera ec.

Tralle molte sperienze dilettevoli di elettricità, ardisco dire, che questa merita una singolare attenzione, essendo a un tempo stesso assai istruttiva. E chi sà, che non possa fors'anche divenir utile per altri riguardi? io non sono del numero di coloro, che grandi cose si promettono dall'*elettricità medica*; però, se vi avessi qualche fiducia, assai mi applaudirei d'aver trovato un mezzo così facile di amministrare un vero *bagno elettrico*. Invito pertanto i medici elettrizzanti a farne prova: non hanno essi, che ad elettrizzare nel modo or ora descritto, di una in due ore, od anche solo di quattro in quattro, l'aria della stanza ove trovasi il loro ammalato; giacchè tanto, ed anche più a lungo vi dura (se codesta stanza è capace, non molto ingombra di mobili e l'aria evvi discretamente asciutta) un resto di elettricità. Ecco come con poco in-

st'aria elettrizzata, sia naturalmente, sia artificialmente, attorno alla nostra fiamma. Primieramente la

---

comodo, sol che la si rinnovi a lunghi intervalli, può mantenersi giorno e notte vigente l'elettricità nell'aria di una stanza, di un dormitorio, di una crociera ec. Ora cotal aria animata, e, se mi è lecito dir così, imbalsamata di elettricità, non godrà ella di qualche virtù? Io stesso, il più incredulo forse in fatto di elettricità medica, non ardirei negarlo, quando considero che l'aria chiusa di una stanza, resa quindi per lungo stagnare, e per inzuppamento di molti aliti, se non guasta e corrotta, torbida, molle, rilassata, può, avvivandola l'elettricità, rendersi più elastica, e in certo modo vibrata, mercè se non altro di quella ripulsione, che l'elettricità medesima induce nelle di lei particelle. Oltre a ciò, la persona che beve stilla a stilla, ma pur beve durante tutta la giornata il fluido elettrico, onde è carica quest'aria (o che fuor ne tramanda ad essa aria scarseggiante, se mai l'elettricità sparsa nella camera è *negativa*), tal persona, dico, può ella non esser sensibilmente affetta? Non ne dee nascere una sorta d'irritazione, un tal quale solletico nelle parti del corpo più esposte a quest'aria? Sia pure un tal movimento del fluido elettrico, che va dentro o fuori della persona immersa in siffatta atmosfera, insensibile: e blanda pure e insensibile quanto si vuole sia quella specie d'irritazione prodotta sulle parti esposte del corpo, è credibile ad ogni modo che ne risulti alla lunga un effetto sensibile. Di vero quanti effetti notabilissimi provenienti da cause estremamente deboli, cui il tempo solo rende efficaci: *Gutta cavat lapidem*... Del resto se l'aria così elettrizzata induce una tensione nei pendolini dell'elettrometro, onde si scostano un dall'altro notabilmente, se giunge a fare rizzare de' peli, non potrà dirsi neppure che sia sì poca cosa, che debba aversi per nulla

porzione d'aria, la qual penetra nella fiamma medesima, e fa corpo con essa, e quell'altra che si trova

quella vibrazione o tensione qualunque, che apporta alla nuda pelle, alla pelle più esposta.

Con tutto questo io non decido nulla ancora; nè mi prometto gran cose in prò dell'umana salute. Sta all'esperienza a mostrarci se, e quando questa nuova maniera di elettrizzare, questo *bagno elettrico* può conferire alla guarigione delle malattie, e di quali. Per me penso solamente, che se v'è mezzo di sperar bene dall'elettricità, sia questo da me proposto, anzichè d'impiegare l'agente elettrico negli altri suoi modi più forti, ma tutti più o meno passeggeri. Infatti non pare che sia con azioni violente, ad impeti e salti, che agiscano per lo più sull'economia animale gli elementi. Vedete l'aria sana o malsana, come non produce che alla lunga i suoi effetti salutari o tristi su nostri corpi: vedete la temperatura dei climi, i vari gradi di caldo e di freddo, d'umido e di secco, di densità e rarezza dell'aria, come affettano sol poco a poco l'umana salute. Or non sarà il medesimo della distribuzione del fluido elettrico nell'aria che ci circonda, dei vari suoi gradi di densità, della *temperatura elettrica*, se così è lecito di esprimermi?

Non posso lasciare questo soggetto senza fare qualche parola intorno al sì decantato influsso dell'elettricità atmosferica sopra i vegetabili. Abbiamo veduto in una delle note precedenti (pag. 150) come tal influenza viene ammessa anche dal Sig. De Saussure. Per quanto però egli senta a favore dell'elettricità atmosferica, e gran parte del vigor delle piante ripeta dalla circolazione periodica di codesto fluido, è ben lungi dal portare le cose oltre ogni limite, come fanno parecchi, che tutto quasi a questo solo agente attribuiscono, assai più conto facendone che de-

al contatto immediato, cambiandosi pel forte calore onde sono investite da *coibente* più o men perfetto

---

gli altri elementi, l' influsso de' quali sulla vegetazione è abbastanza noto, e sono il calore, la luce, i vapori, la ventilazione, l' umido del terreno, e le specifiche sue qualità. Tra questi smodati panegiristi dell' elettricità si distinguono i Signori Bertholon e Gardini, che dell' influsso dell' elettricità sulla vegetazione hanno trattato di proposito, e le cui opere altronde pregevolissime hanno avuto il suffragio di alcune Accademie. A correggere tali eccessi è sortito ultimamente il Sig. Ingen-Housz con una bella memoria pubblicata nel *Journal de Physique* (tom. 33. an. 1788). Egli con vari argomenti e sperienze non solo viene a combattere vittoriosamente, e a distruggere la troppo grande efficacia in promovere la vegetazione attribuita all' elettricità atmosferica, ma ci riduce sino a dubitare se v' influisca per alcun poco.

Ora in tanta disparità di opinioni, e nella incertezza in cui siamo tuttora della cosa, ecco ch' io v' offro un mezzo quanto semplice, altrettanto sicuro, onde accertare se realmente l' elettricità dell' aria influisce, e con qual efficacia sul vegetare e crescere delle piante. Questo mezzo è d' intraprendere delle *sperienze comparate*, coll' indurre nel modo sopradescritto l' elettricità nell' aria di una stanza, e mantenervela ad ogn' ora, e per più giorni in vigore: il che si è veduto quanto sia facile e comodo di praticare. In questa stanza saran collocate in più vasi acconciamente disposti varie pianticelle; ed altre simili piante lo saranno in altra simile stanza, e di egual temperatura, e vi ci verranno governate in tutto egualmente, tranne l'elettricità, di cui a differenza delle prime punto non godranno. Se per cotale elettricità, che potrassi comodamente sostenere a tutte l' ore nella forza di 8, o 10 gradi dell' elettrometro

che erano, in *conduttore* perfetto, non altrimenti che tramutasi in buon conduttore il vetro stesso, ove ven-

---

sensibile a paglie, ne avverrà di scorgere uno straordinario sviluppo, un vigore notabilmente più grande nelle piante esposte lungamente a quell'ambiente, potremo con fondamento inferirne, che un simile benefico influsso eserciti eziandio l'elettricità atmosferica sopra le piante della campagna: sebben a un minor grado, stantechè non è mai di tanta forza, in estate massimamente, eccetto i casi di temporale e di alcune pioggie, non è, dico di tanta forza, non giungendo d'ordinario che a 2 o 3 gradi, e non oltrepassando che rarissime volte i 5 o i 6 l'elettricità dell'aria, che si fa sentire a quell'altezza da terra, a cui giungono gli alberi di mediocre, ed anche di grande portata; per nulla dire delle umili pianticelle, delle biade ec. le quali è per molto, se colle loro cime toccano a un'aria elettrizzata di 1 grado o 2. Che se all'incontro niun vantaggio, od uno poco considerabile vengano a provarne le piante collocate in siffatto ambiente ad arte elettrizzato, e mantenuto a ben 8 o 10 gradi, sopra quelle lasciate in altra simile stanza digiune di elettricità aerea, concluder dovremo, che nulla o quasi nulla profittino pur anche le piante all'aperto dell'elettricità atmosferica, che di tanto più debole si fa sentire attorno ad esse, come or ora si disse.

Tornando all'influsso dell'elettricità sull'umana salute, ognun vede, che più debolmente ancora che sopra gli alberi di mezzana grandezza arriva ad agire l'elettricità atmosferica su' nostri corpi, anche quando passeggiamo in luoghi aperti sgombri di case e di piante; giacchè in mezzo a queste o a quelle viene ad essere tale elettricità pressochè nulla, e nulla poi affatto nelle camere, ed altri luoghi coperti. Or io non so comprendere come da taluno le si attribuisca tanto d'influenza sull'economia animale, che da essa si vogliano

ga fatto rovente, e tali pure diventano gli altri isolanti anche per un calore meno intenso: anzi è da riflettere, che a indurre tal mutazione si ricerca minor calore per l'aria, che per qualsivoglia altro coibente, stante la fluidità della medesima, e la sua grande espansibilità, e atteso massimamente che la rarefazione sola, portata a un certo segno, basta senza calore di sorta, a render l'aria *deferente*. Or che non potrà

---

derivare vari sconcerti di salute, non meno che i migliori rimedi. Tutt'al più potrebbe concedersi qualche cosa alla vigorosa elettricità de' temporali, non già alla giornaliera ch'è così blanda; ed anche a quella allor solamente, che uno vi si espone in luogo aperto: e quì pure, siccome l'elettricità dell'aria, quale arriva a farsi sentire sopra la sua testa, appena sarà mai che ecceda i 10 o i 12 gradi (rarissime volte infatti l'ho trovata maggiore anche ne' più forti temporali, sollevando nulla più che all'altezza del mio capo la punta dell'elettrometro atmosferico corredata del solito solfanello acceso); così l'effetto non potrà esser più grande di quello che provasi in una stanza, la cui aria siasi alla mia maniera elettrizzata di altrettanti gradi. Vano è dunque il ripetere dall'elettricità atmosferica quegli spossamenti, quelle doglie e inquietudini, che per le mutazioni di tempo, e massime sovrastando qualche temporale, soffrono le persone deboli, flussionarie, o soggette ad affezioni nervose, quando siffatti incomodi fannosi egualmente sentire entro le stanze, ove non penetra punto cotale elettricità, e all'incontro o non si fanno sentire a chi passa delle ore in nn ambiente a bella posta elettrizzato, o l'effetto che ne proviamo è assai diverso da quello che si risente pe' temporali, od altre imminenti mutazioni di tempo.

sopra di essa aria la fiamma col mezzo di sì gran calore, e della rarefazione che vi produce a un tempo? Non la porrà in istato di comunicare senza ritegno, e quanto esige l' equilibrio, quella qualunque elettricità che possiede, al conduttore che le si presenta, e su cui brilla essa fiamma? Tanto basta, perchè tal conduttore cominci a mostrarsi realmente elettrizzato, producendo segni *permanenti* in un sensibile elettrometro. Questa elettricità sarà, a dir vero, molto debole in questo primo momento, corrispondentemente alla scarsa dose, che il conduttore può acquistarne da quel piccolo volume d'aria, che tocca immediatamente la fiamma, e fa, come dicemmo, corpo con essa: sarebbe quindi poco il guadagno fatto, se l'aria restasse in riposo, nè punto si cambiasse intorno alla fiamma medesima; ma non è così, poichè anzi eccitasi una corrente rapidissima continuata, per via dell' aria estremamente rarefatta dal calore, la quale obbligata con ciò a salire viene incessantemente per legge d' equilibrio rimpiazzata da altrettanta aria, che accorre da tutti i lati. Quest' aria novella venendo pur essa a comunicare alla fiamma, e per di lei mezzo al conduttore la sua elettricità, è facile concepire, che dee recarvi a ciascun istante sempre nuovi aumenti, fino a che l' elettricità di detto conduttore non sia portata ad un grado eguale a quello che regna nell' aria medesima colà sopra la fiamma, dove cioè giunge il suo vivo calore: il che si compie in pochissimo tempo, per la grandissima affluenza d' aria ad essa fiamma; affluenza, la quale, comechè si renda in più d' un modo

manifesta, è tuttavia più grande di quello che comunemente s'immagini. Il conduttore del mio elettrometro portatile, formato d'una verga d'ottone lunga quasi 3 piedi, non ha bisogno d'ordinario, che di 3, 4 o 6 secondi al più per arrivare a quel grado, che lo mette, come s'è detto, al livello dell'elettricità, onde e animata l'aria che circonda, e sta sopra la fiamma: al quale stato di equilibrio si conosce che è pervenuto il mentovato conduttore, allorchè i pendolini dell'elettrometro, cui egli è annesso, han finito di allargarsi, e ritengono costantemente la divergenza già presa fino all'estinzione della fiamma. Ma l'altro apparato a lanterna, in grazia d'aver un conduttore molto più capace, ha bisogno per salire all'indicato termine dell'equilibrio, di circa 2 minuti primi, e corrispondentemente di 6, 8, 10, 15 una boccetta di Leyden, giusta la capacità sua.

Dal fin quì detto si comprende, che un tal giusto equilibrio, e, se si ha riguardo alla capacità del conduttore atmosferico, sì prontamente stabilito, è una conseguenza affatto necessaria primieramente dell'aver l'aria in contatto della fiamma persa la natura sua di coibente onde non ha più quel potere di ritenere l'elettricità, neppure debole all'ultimo segno che avea prima, e che hanno tutti gli altri corpi *isolanti;* in secondo luogo di ciò che essa aria accorrendo in fretta ed affollandosi attorno a detta fiamma, se ne rinnovano ad ogni istante i contatti. Con ciò anche si verrà ad intendere, che ove si abbassi in un col conduttore la fiamma, quello non

riterrà già tutta l'elettricità, che più in alto aveva acquistata, bensì a misura che la fiamma entra negli strati d'aria inferiori e meno elettrici, l'elettricità del conduttore mettendosi a livello, val a dire componendosi all'equilibrio con questi, diminuirà con giusta proporzione, e i segni dell'elettrometro s'indeboliranno, fino a divenir nulla quella, ed a cader questi intieramente, allorchè sarà scesa la fiamma ad uno strato d'aria del tutto sprovvisto di elettricità. Volete pertanto conservare nel vostro conduttore e nell'elettrometro annesso l'elettricità, che vi si è infusa ad una data elevazione? Aspettate ad abbassarlo, che sia spenta la fiamma, e il fumo pur anche svanito: allora voi potrete trasportarlo senza perdita; poichè l'aria rimane *isolante;* non già prima quando la fiamma rendendola *deferente*, abilita lo strato inferiore, che non è elettrico, o lo è molto ad involare l'elettricità al conduttore, non altrimenti che abilitava lo strato superiore a comunicargli la sua più forte. Ecco pertanto come il poter della fiamma di spandere e dissipare nell'aria l'elettricità, è eguale a quello di raccogliernela, e si spiega coi medesimi principi, e segue la medesima legge, cioè che il forte riscaldamento, e la circolazione dell'aria attorno alla fiamma riducono ben tosto quest'ultima, in un col conduttore che la porta, all'equilibrio di elettricità con quell'aria medesima, e quindi ad 1 grado, là dove l'elettricità dell'aria è 1 grado, a 2 a 3 dove l'aria ne possiede altrettanti, e finalmente a *zero*, o lì presso dove è nulla o quasi nulla ancor nell'aria.

Il tempo non mai lungo, anzi per lo più brevissimo, che, come ho fatto vedere, è richiesto a produrre cotal equilibrio di elettricità fra il conduttore inalzato, e lo strato d'aria, a cui giunge il vivo calore della fiamma, non è già il medesimo, qualunque sia questa fiamma, cioè picciola e debole, oppure vivida e voluminosa. Egli è troppo facile il comprendere, che una fiamma più grande e più viva, in ragione che eccita una corrente d'aria più ampia e più rapida, giungerà più presto a compiere ciò che deve, vi arriverà es. gr. in 3 secondi, in luogo di 6 o 8 che v' impiega una piccola fiamma e assai languida. Questa differenza, come si vede, non è per se stessa di grande importanza, poichè in fine la fiamma debile ed esile porta, quanto la grande e vigorosa, l' elettricità del conduttore atmosferico presso a poco al medesimo grado, sebbene alquanto più tardi: ma che sono alcuni secondi di più? la cosa non diviene importante, che nel caso, in cui si voglia caricare una boccia di Leyden, massime se grande: allora una fiamma voluminosa e molto vivace, che, spogliando in un dato tempo una più grande massa d'aria, fornisce più prontamente l' elettricità necessaria alla carica di detta boccia, e non v'impiega che il tempo di 2 o 3 minuti, in luogo di un quarto d'ora, è di un grande vantaggio. Ne ho fatto più di una volta la prova, che mi ha corrisposto, sostituendo in tempo calmo alla lanterna fornita del solito candelino una grossa fiaccola, od una scodella di pece ardente.

Nell'avanzare quì sopra, che una piccola e debol

fiamma porta in fin del giuoco l'elettricità nel conduttore atmosferico al medesimo grado, a cui ve la porta, a dir vero più presto, una fiamma grande e vigorosa, ho voluto temperare la proposizione con un *presso a poco;* e ho inteso con ciò di accordare qualche piccolo vantaggio anche a questo riguardo alla fiamma grande sopra la piccola, il qual deriva da che la corrente d'aria, e il vivo calore sendo portati un po' più alto, vanno a prendere l'elettricità da uno strato d'aria alquanto più animato, e a comporsi in equilibrio con esso. Coerentemente a ciò merita d'esser considerato per qualche cosa anche il vento, se mai talvolta ripieghi e deprima la fiamma. Ma, di grazia, a quanto può montare la differenza sia per l'una, sia per l'altra delle addotte circostanze? che può mai fare un piede più o meno di elevazione? Nulla o quasi nulla quanto al grado di elettricità, che il conduttore verrà a contrarre dall'atmosfera: avrete tutt'al più 8 $\frac{1}{2}$ o 9 gr. invece di 8 gr. Il perchè quello, che già nelle lettere precedenti avanzai come cosa di fatto (*a*), e che potè sembrare allora paradosso, cioè che tanto valga presso a poco una piccola fiamma, quanto una grande a raccorre l'elettricità nel conduttore atmosferico, non sembrerà più tale, or che riceve una sì chiara e naturale spiegazione.

In verità io non veggio cosa si possa obiettare a quanto ho esposto fin quì intorno alla ragione e al

---

(*a*) Ved. il presente Volume pag. 92.

modo onde la fiamma assorbe sì facilmente, e così presto l'elettricità dell'aria; quell'elettricità debole, e poco tensiva, che altronde essa aria ama di ritenere, e involare non si lascia che a stento, e poco a poco, fintantochè rimane *coibente*, comunque sollecitata venga a disfarsene dalla presenza de' conduttori metallici, ed anche di punte acutissime. Siffatta spiegazione fondata sul cambiamento dell'aria medesima, che riducesi allo stato di buon *conduttore*, e sopra la corrente perpetua eccitata entro al suo seno, effetti, sì l'uno che l'altro, della fiamma, questa spiegazione, torno a dire, mi sembra del tutto soddisfaciente; e tanto più, che si applica da se stessa eziandio al fumo de' corpi abbrugianti per avventura senza fiamma; con questa sola differenza, che il calore men vivo, e la corrente d'aria men rapida che tira seco il fumo, non lo rendono di gran lunga così efficace e pronto a tramandare al conduttore l'elettricità debole dell'aria, come la fiamma che per questo capo può dirsi il *non plus ultra*.

Sì; Signore, lo ripeto, nè temo d'insistere troppo su di ciò: niuna elettricità debole o forte, niun corpo fra quegli, che la ritengono il più tenacemente, e durano lunga pezza avanti lasciarsene spogliare, può reggere contro la forza sollecitante e vittoriosa della fiamma: essa è capace di portarsi via presto e bene l'elettricità anche debole all'ultimo grado, e d'involarla, come ad ogn'altro *coibente*, così in ispecie all'aria, e a questa anzi con maggiore facilità, per le ragioni di sopra esposte. Le punte

metalliche, la cui virtù a questo riguardo si è tanto vantata, restano in ciò infinitamente al disotto della fiamma; poichè, sebbene attraggon di leggieri l'elettricità forte, punto o poco valgono (come si è veduto) ad attrarne una che sia debole molto, tal che non giungono che in capo a lungo tempo a spogliarne, sia l'aria, sia altro corpo coibente; laddove la fiamma, come ho mostrato, comincia a ciò fare fin da' primi istanti, e tutto compie colla massima prestezza. Ecco come un conduttore isolato, in cima al quale arde una fiamma, ha ben tosto acquistato un grado di elettricità eguale a quello, che anima lo strato d'aria, a cui giunge il vivo calore di questa fiamma: ciò che fare non può un semplice conduttore quanto si voglia acuminato, il qual non beve realmente e non s'appropria, almen così presto, l'elettricità dell'aria (eccetto quella che sia forte oltre a un certo grado), e non ne è affetto che conformemente alle leggi delle *atmosfere elettriche*.

Vi ha ancora un'altra prerogativa tutta propria della fiamma, di cui non debbo lasciare di parlare. Le punte adunque, che non hanno virtù alcuna di assorbire l'elettricità dell'aria, s'ella è assai debole (come suol essere d'ordinario, eccettuati i temporali, ne' bassi strati dell'atmosfera, e il più delle volte anche ad un'altezza considerabile), non l'hanno neppure per qualsivoglia elettricità più forte, se non in quanto si trovan nude e sporgenti dal corpo a cui appartengono. Coprite una punta metallica, richiudetela o involgetela comunque con altri corpi, senza pure che la tocchino, in modo soltanto, che

più ella non risalti; vedrete, che già più non giuoca come punta, che non ha più alcuna virtù di attrarre l'elettricità, come se neppure vi fosse tal punta. La cosa è ben diversa colla fiamma, la quale rinchiusa in una lanterna, o in altro modo, sol che vi abbia ingresso e uscita l'aria (senza di che neppur si manterrebbe viva essa fiamma), attragge l'elettricità, e se n'imbeve, non altrimenti che se rimanesse all'aperto, siccome mostrano le mie sperienze fatte appunto coll'apparecchio a lanterna descritto nella lettera precedente. La ragione di ciò si presenterà da se medesima a chi vorrà riflettere un momento alla spiegazione già data, a cui serve di una chiara conferma. Non abbiam noi mostrato, che tutto dipende da un giuoco dell'aria, la quale con perpetuo moto accorre alla fiamma, e meschiandovisi in parte, e in più gran parte lambendola, vi diviene pel forte calore che ne contrae, da *coibente* che era, un ottimo *deferente*, atta perciò a deporvi l'elettricità sua? Se ciò è, come non vi ha più luogo a dubitarne, tosto che l'aria ha accesso alla fiamma nella lanterna, e circolar vi può, non si ricerca di più.

A compire il confronto tra la virtù della fiamma e quella delle punte, non sarà inutile trattenerci anche un poco a considerare un conduttore atmosferico senza fiamma, il quale regnando nell'aria la solita elettricità più o men blanda (fuori cioè de' temporali, di qualche rovescio d'acqua o caduta di neve, in cui sorga a straordinaria forza) risente semplicemente *l'azione dell'atmosfera elettrica*. Siffatto conduttore non lascia, abbenchè nul-

la gli s' infonda realmente di quella elettricità che domina nell' aria o serena o nebbiosa o nuvolosa, in cui trovasi immerso, non lascia di darci dei segni, sovente molto sensibili e proprj a indicarne non solamente l' esistenza, ma ben anco la specie dell' elettricità che vi regna: testimonio le belle sperienze di Cavallo, di Saussure (*a*) ec. coll' elettroscopio atmosferico portatile, delle quali ho parlato nella lettera 2.ª Ma questi segni, puri effetti dell' azione di cotal atmosfera elettrica, di un' *elettricità accidentale*, o, com' altri dicono, di *pressione*, restano molto al disotto del grado di elettricità *reale*, che ha l' aria colassù, dove arriva la punta del conduttore, e non rappresentano per conseguenza la forza vera, il giusto grado di codesta elettricità; come ne viene rappresentato puntualmente dal medesimo elettroscopio, allorchè coll' aiuto della fiamma non risente solo, ma bee effettivamente e s' appropria l' elettricità, fino al segno di ridursi ad un perfetto equilibrio con essa aria, come ho diffusamente spiegato. Siano es. gr. i segni di codesta elettricità contratta e imbevuta realmente dall' elettroscopio mercè della fiamma, portati a 6 o 8 gradi, non si avranno più, ove manchi la fiamma, e quindi non abbia luogo la reale trasfusione dell' elettricità, ma la sola azione dell' *atmosfera elettrica* si faccia sentire, e occasioni soltanto l' elettricità *accidentale* ossia *di pressione*, non si avranno più

(*a*) Ved. il presente Volume pag. 84.

che 2 o 3 gradi. Or quale delle due maniere di esplorare l'elettricità dell'aria vuol dirsi che sia la più giusta? La cosa parla da se, se, come abbiam veduto, segni molto scarsi e manchevoli ne dà il conduttore atmosferico senza fiamma, e colla fiamma solamente ce li procura adequati e pieni.

Per ben intendere il quì sopra esposto, il come cioè e il perchè i segni della semplice *elettricità di pressione*, o come io dico, *accidentale*, debbano essere incomparabilmente più deboli nel medesimo elettroscopio sollevato a pari altezza in aria, di quello sono allorchè per l'intervento della fiamma l'elettricità vi s'infonde *realmente* e con piena libertà, basta fare riflesso alla lunghezza, quantunque mediocre, della sua verga metallica, e concepire, che una parte solamente di questa, cioè la superiore è immersa nello strato d'aria sensibilmente elettrico, di maniera che tutto il resto non è punto affetto immediatamente, o lo è meno. Ciò posto, egli è troppo naturale, che una tale elettricità di *pressione* diminuisca d'intensità in ragione che il conduttore dà più luogo al fluido smosso di espandersi, ossia in ragione che il conduttore medesimo è più grande e più capace. Questa spiegazione già chiara da se, può confermarsi con una facile esperienza: presentate un bastone di vetro o di ceralacca convenientemente eccitato all'estremità or d'uno, or d'altro conduttore di varia lunghezza, fornito ciascuno all'estremità opposta di un paio di sottili fili di lino, od altri pendolini che faccian officio di elettrometro, presentate, dico, il

bastone elettrico al capo nudo di tali conduttori in debita distanza, tal che l'elettricità non abbia a trasfondersi (oppure l'elettricità impressa al corpo coibente sia debole a segno, che comunicare non si possa neppure a piccolissima distanza), osserverete, che la divergenza di detti fili o pendolini non riuscirà la medesima per ognuno di que' conduttori, adoperando pure nella stessa maniera, e alla stessa distanza, ma minore secondo che sono più lunghi; e in nessuno, neppure nel più corto, sarà la divergenza quanta dovrebbe essere, se l'elettricità vi si trasfondesse realmente, oppure se l'atmosfera involgere potesse per egual modo tutto quanto il conduttore, come addiviene nel *pozzo elettrico*.

Che poi, se mostrerò, che sprovveduto il conduttore atmosferico della fiamma, spesse volte non manifesta neppure quel grado di elettricità, che dovrebbe in virtù dell'*atmosfera attuante* manifestare, e che i suoi segni sono quindi manchevoli per doppia maniera? Ciò accade qualunque volta l'isolamento di detto conduttore si trovi imperfetto, come quando nell' elettroscopio portatile un umido velo s' attacca alla boccetta: e questo come impedirlo, allorchè sperimentando si tiene esposta essa boccetta lungo tempo all'aria umida, alle nebbie ec.? Per tale imperfetto isolamento il fluido elettrico smosso nel conduttore atmosferico al primo alzarlo, e addensato, se l'elettricità dominante è *positiva* nella parte inferiore di lui, non rimane ivi, come si vorrebbe, confinato, ma scappa fuora ben

presto, in modo che i pendolini non divergono quanto dovrebbero, o seppure il fanno nel primo momento, aprendosi e. g. di 5 gradi, tosto, e già prima che l' occhio possa ben fissarne il punto, cadono a 2 gr. ad 1 e in breve anche a zero. Fin quando l'isolamento è il migliore possibile, non potendo mai essere in rigor di termine perfetto, vedesi ad occhio un cotal decadere, sebben lento, di detti pendolini. L' elettricità dunque *accidentale* o di semplice *pressione* non può a lungo sostenersi; nè si rimette più, tolta che sia, come nelle lettere precedenti ho in più luoghi spiegato (*a*): dove altresì ho mostrato, che per questa ragione tace l' elettricità ne' conduttori Frankliniani anche più alti, ma stabilmente elevati, quando pure si manifesta ne' molto men alti, ne' portatili, che in quel momento solo delle sperienze, o a riprese si sollevano nell'atmosfera: dico *a riprese*, per indicare come, spenti affatto i segni nell' elettroscopio innalzato, sia per qualche toccamento, sia per isolamento guasto, sia finalmente per lunghezza di tempo, si fanno quelli risorgere, mercè di abbassare ed inclinare fino a toccar la terra il conduttore, e indi rialzarlo come prima: conforme a quanto ne ha insegnato il Sig. di Saussure, che codesta maniera di esplorare l'elettricità atmosferica, e il come per semplice *pressione* si abbiano i segni nell' apparecchio, ha così bene descritto e spiegato (1).

(*a*) Ved. il presente Volume pag. 100, e 124.

(1) Ved. come sopra pag. 86 e segg. e l' opera citata di Saussure.

Ma v'è di più ancora. L'apparato atmosferico sprovveduto di fiamma non solamente resta molto addietro nella forza dei segni da quel grado di elettricità, che regna nello strato d'aria, a cui giunge colla sua testa quanto si voglia acuminata; ma questi segni possono (che è peggio assai) divenire facili, e trarci in errore sullo strato dell' elettricità, sui cambiamenti a cui soggiace, e fin sulla specie della medesima; facendo comparire e. g. che si debiliti o che s' accresca, quando non sarà nulla di ciò, oppur anco sarà il contrario; accusando un' elettricità *negativa*, quando domina tuttavia la *positiva*, affievolita soltanto ec. Intorno a che, per non estendermi di vantaggio, richiamo i soli casi, che ho già nella lettera precedente arrecati (*a*), onde comprovare appunto, che il conduttore atmosferico senza fiamma è per se stesso infedele, e che può non di rado ingannare con un linguaggio equivoco o falso.

Ora a nessuno dei tanti inconvenienti annoverati va soggetto il conduttore atmosferico, sol che porti in cima la fiamma, mercecchè nè in lunghezza di tempo può affievolirne i segni di elettricità, la quale di continuo vi s' istilla dall' aria; nè spegnerla alcun toccamento in guisa, che non risorga intiera, cessato il toccamento; nè lo stesso cattivo isolamento dell' elettroscopio, o di qualsiasi altro sostegno pregiudicarla molto, quando più di quella dose d' elettricità, che il conduttore dissipa per questa parte,

(*a*) Pag. 137. e seg. del presente Volume.

gli se ne rifonde incessantemente dall'aria per intervento della fiamma. Quindi è, che il cattivo isolamento, fino a un certo segno, non fa gran male; vale a dire non toglie che l'elettricità sorga nell'elettroscopio a quel grado presso a poco, che possiede l'aria circondante la fiamma in alto; e che solo un'isolamento più che cattivo, che appena può dirsi isolamento, guasti l'esperienza.

A conchiudere, ed a ristringere in poco il molto, che in questa e nelle antecedenti lettere son venuto esponendo, eccovi, mio Signore, i principali capi, a cui si riducono i vantaggi della fiamma sopra le punte nell'importante oggetto di esplorare l'elettricità atmosferica. 1. Per mezzo della fiamma si hanno segni del doppio, e quasi del triplo più grandi; onde rendesi spesso sensibile quell'elettricità, che altrimenti nol sarebbe. 2. Questi segni rappresentano al giusto la forza di elettricità, che regna nello strato d'aria, a cui facciam giungere la fiamma, ne danno cioè il vero e preciso grado (come avea accennato già nella lettera precedente (*a*), e in questa ho diffusamente spiegato), e ciò anche in mezzo a qualche imperfezione dell'apparato; onde l'esperienza è ognora più fedele e più sicura. 3. L'elettricità, anche debole all'ultimo segno, s'infonde realmente nel conduttore dall'aria, che di continuo accorre alla fiamma; ed è perciò non *accidentale*, non labile, come l'elettricità di semplice *pressione*,

(*a*) Ved. il presente Volume pag. 115, e 139.

ma *reale*, e in certo modo *indeficiente;* il che dà luogo a diverse sperienze rilevantissime, a quelle col condensatore ec. che nell' altro modo, cioè se il conduttore atmosferico portatile non è munito della fiamma, non si possono eseguire. 4. Per conseguenza di questo suggere realmente che fa il conduttore l' elettricità dell' aria, fino a comporsi in equilibrio con essa, non si dà luogo mai a errore riguardo alla specie di lei, *positiva* o *negativa,* ed ai cambiamenti, che spesso soffre ne' tempi di pioggia, e più di temporale: non si dà luogo, dico, ad errore, ove questi cambiamenti sian graduati e lenti, come il più delle volte avviene, ed anche ove sieno rapidi e facciansi quasi per salto; rimanendo soltanto qualche incertezza quando il passaggio dell' elettricità *positiva* alla *negativa*, e da questa a quella si replica più volte in meno di quel tempo, che è richiesto a distruggersi l' una e prender piede l' altra elettricità contraria nel conduttore atmosferico, con tutta la fiamma, che la real trasfusione ne promove: in meno es. gr. di un minuto, se si adopera l' apparato a lanterna, che porta un conduttore assai capace; e di 4 in 5 secondi, se il piccolo apparato portatile si adopera.

Mi resta ora, innanzi finire questa lettera, di aggiugnere alcuni necessari schiarimenti. Ho detto e ho ripetuto più volte, insistendo molto in questo punto, che i migliori conduttori, e fino le punte metalliche non giungono col lor contatto a spogliare intieramente di elettricità l' aria, nè gli altri corpi *coibenti*, i quali la ritengono tanto più ostinata-

mente, quanto essa elettricità è più debole, e meno quindi si sforza di svincolarsi. Ho però accennato in più d'un luogo, e con termini espressi dichiarato, singolarmente laddove ho parlato nella lettera precedente dei gran conduttori molto elevati (*a*), che una tale ritenzione di elettricità è limitata, come negli altri isolanti, così specialmente nell'aria. Non ostante siffatta dichiarazione, che modifica i termini troppo assoluti, di cui potessi essermi servito altrove, credo non inopportuno il ritornare su questo punto, e spiegare quì più accuratamente la cosa, ponendola nel suo giusto aspetto, a scanso di qualunque equivoco, o dubbio che nascere potesse.

Adunque quando io dico e sostengo, che presentata una punta metallica all'aria moderatamente elettrica, questa non comunica punto della sua elettricità a quella, intendo parlare di una comucazione, o a meglio dire trasfusione istantanea, o molto rapida almeno; giacchè se si tratta di una più o men lenta, che si faccia pressochè insensibilmente, convengo che ella ha luogo non solo allorchè l'aria elettrizzata, od altro corpo *coibente* al par di essa, e più di essa, si provoca e sollecita con delle punte metalliche, ma eziandio provocando tal corpo, o l'aria medesima con conduttori men perfetti.

Per farsi un'idea giusta della cosa convien riflettere, che nè la natura di *coibente*, nè a più forte

(*a*) Ved. il presente Volume pag. 122 e seg.

ragione quella di conduttore imperfetto, impediscono assolutamente il passaggio del fluido elettrico da uno di tali corpi all'altro, allorchè il rotto equilibrio lo esige, ma ne lo rendono difficile, e lo ritardano soltanto: ritardo, che va bene spesso ad ore, a giorni, a settimane, prima che detto equilibrio si ristabilisca intieramente tra due corpi *coibenti* posti al contatto, e sì anche tra un *coibente* e un buon *conduttore* parimenti contigui, del che abbiamo una prova ben sensibile nell'elettroforo, la cui faccia resinosa ritiene ancora non poco dell'elettricità una volta impressale, malgrado l'essere stata toccata e ritoccata dal suo *scudo* o piatto metallico superiore, e averselo finanche portato indosso più e più giorni. Così anche un pezzo di zolfo, un bastone di ceralacca ec., eccitati collo stropicciamento o in altra guisa, si mostrano tuttavia elettrici, comunque a un debole grado, dopo lunghissimo riposo, dopo che furon lasciati parecchi giorni involti in carta, od anche in fogliette metalliche. Queste sperienze son tanto note, che mi basta indicarle. Note sono parimente, e più celebri e belle le altre delle calze e nastri di seta, i quali elettrizzati, ed applicati in piano ad una lastra di vetro, ad un tavolino, al muro, ad una lamina metallica, non vi depongono tutta l'elettricità e durano a starvi aderenti, se non de' giorni, delle ore molte o poche, secondo che l'aria della stanza, ed essi corpi sono più o meno asciutti. Quello per avventura tra i corpi *coibenti*, che conserva men lungamente l'elettricità impressagli, si è

il vetro, e certi vetri singolarmente, non durandovi d'ordinario, cioè se l'aria non è asciuttissima, l'impressa virtù, che pochi minuti: parlo del vetro nudo, non dell'armato per l'esperienza di Leyden, che è altra cosa. Ad ogni modo anche il vetro soffre, come si vede, un notabilissimo ritardo a spogliarsi dell'elettricità, in paragone dei conduttori, che tutta quanta se la lasciano involare, e all'istante, dal contatto di altri conduttori comunicanti col suolo.

Or venendo all'aria, che tra i *coibenti* pure si annovera, dessa non si mostra nè così tenace dell'elettricità concepita, come il solfo e le resine, nè così poco come il vetro: la ritiene però delle ore (a), a l'un dipresso quanto le sete; e la riterrebbe assai più, se si trovasse del tutto pura, e secca a dovere, onde poter dirsi un *coibente* perfetto: al che pure si ricerca nella medesima una conveniente densità. Altronde lo stato suo fluido, che le permette di contrarre anche internamente l'elettricità, d'imbeversene in tutta la massa (a differenza dei *coibenti* solidi, ne' quali alla sola superficie può l'elettricità affiggersi), la rende per egual modo più atta a versarla fuori e a spogliarsene; molto più poi ove la forza di essa elettricità, e la presenza di una punta giungano ad eccitare in seno a

(a) Veggasi una bella prova nella nota pag. 166 di questo Volume.

codest'aria quel *venticello elettrico*, di cui in questa lettera ho fatto parola.

Ma di tal forte elettricità e di tal venticello, mercè di cui le punte metalliche traggono a se con tanta prestezza, e sì agevolmente l'elettricità, che poco allora la cedono alla fiamma, non ci proponiamo di parlare quì di nuovo, che altro è il nostro scopo. Ciò che abbiamo in vista è l'elettricità debole, quella blanda elettricità che suol regnare nell'atmosfera a piccole o mediocri altezze da terra; e di questa torniamo a dire, che se un conduttore terminante semplicemente in punta non vale ad attrarla e ad imbeversene tosto, fino al punto dell'equilibrio, la sola fiamma essendo da tanto; non lascia peraltro di succhiarne a poco a poco, e con estrema lentezza qualche piccola dose, come già parlando nell'altra lettera de'conduttori Frankliniani molto elevati (*a*) ho fatto rimarcare, mostrando come in termine di un quarto d'ora, e meno ancora, si può raccogliere in una piccola boccetta di Leyden tale quantità di elettricità, che col *condensatore* arrivi a rendersi sensibile. Or quì aggiungerò, che codesto istillarsi dell'elettricità dell'aria nel conduttore atmosferico, oltre all'essere sommamente lento, a fronte di quello che accade allorchè v'interviene la fiamma, non si può dir neppure che si faccia per la punta più che per tutto il resto della superficie di esso conduttore: tanto è vero che una

(*a*) Ved. il pres. Vol. pag. 104.

punta, ove non ecciti il *venticello elettrico*, a nulla vale. Io mi sono assicurato di ciò, sostituendo alla punta del conduttore atmosferico una palla; con che ottenni nè più nè meno, innalzandolo, come per l'addietro, gl'istessi segni di prima. L'elettricità dunque (parlo sempre della debole) si depone poco a poco dall'aria nel conduttore per tutti i punti di contatto: intendasi di quella parte di esso conduttore, che s'immerge nell'alto strato elettrico; e secondo che più addentro s'immerge.

Quello, che dico di un conduttore Frankliniano molto elevato, ha luogo a proporzione anche per i meno alti, e fin pel nostro elettroscopio atmosferico portatile levato a pochi piedi solamente da terra: in questo pure qualche poco di elettricità si depone dall'aria a lungo andare, come ho accennato già in più d'un luogo (*a*); ma è ben raro, che vi se ne raccolga tanto da divenir sensibile a dirittura, senza cioè ricorrere alla boccetta di Leyden, e al condensatore. Quando, come d'ordinario a ciel sereno, non marca codesto elettroscopio, armato della semplice verga metallica senza la fiamma in cima, più di 3, 4, 6 gradi di elettricità *accidentale*, o di *pressione* (che coll'ajuto della fiamma monterebbero a 8, 10, 15 di elettricità *reale*), distrutta per via di qualche toccamento cotal elettricità *accidentale*, e caduti i pendolini, ho bell' aspettare, che si riaprano; essi nol fanno, che di qualche mezzo

(*a*) Ved. come sopra pag. 97, e 122.

grado, o d'un grado al più, alcuni minuti dopo; e ciò neppure, se l'isolamento di tal elettroscopio non è perfettissimo, se è tale per cui si perda mano mano anche quel pochissimo di elettricità che in tal tempo va dall'aria deponendosi nel conduttore. Quando poi per qualche nuvola temporalesca od altro accidente, l'elettricità dell'atmosfera sia forte al segno di far salire i pendolini dell'elettroscopio, senza l'intervento della fiamma, a 15, 18, 20 gradi (che colla fiamma arriverebbero a ben 40 o 50), distrutta similmente con toccamenti quell'elettricità, che è pur anco *accidentale*, si farà luogo a subentrarvi la *reale*; ma adagio tuttavia, e in sì poca quantità anche a capo di alcuni minuti, che non che agguagliare i 40 o 50 gradi, resterà molto addietro pur anco dei 18 e dei 15, e giungerà appena a' 4 o 5.

Ma che avverrà lasciando sussistere nell'elettroscopio atmosferico innalzato quella qualunque elettricità di *pressione*, ch'ei risente, senza distruggerla cioè con alcun toccamento? lascerà per questo d'infondervisi la *reale?* Non già; ma più a stento penetreravvi, e in più scarsa dose ancora, incontrandovi per parte di tal elettricità *accidentale*, che esercita pur essa una corrispondente *tensione*, non piccola resistenza. In tanto da questo o quel luogo, ove l'isolamento del conduttore trovasi men perfetto, scapperà fuora per avventura maggior quantità di elettricità, che non è quella, che a sì grande stento e sì lentamente vi s'infonde dall'aria. Che però, anzichè aprirsi viemaggiormente i pendolini col tener l'elettroscopio innalzato lungo tempo, an-

dranno essi sensibilmente decadendo (come infatti si osserva) affievolendosi per un inevitabile disperdimento l'elettricità stessa *accidentale* o di *pressione*, più di quello ristorare si possa per ciò che di *reale* elettricità vi s'aggiunge successivamente dall'aria cotanto pigra a scaricarsene.

In quella maniera che l'aria depone più o men lentamente, ma pur finalmente depone parte della sua elettricità, avvegnachè debole, ne' conduttori metallici da noi elevati a bella posta per rubargliene, e ciò comunque sian questi poco acuminati, o non lo sian punto, come si è veduto; nella stessa maniera va pur deponendola in altri conduttori più o meno buoni, sian angolari, sian piani, che incontra naturalmente, cioè alberi, fabbriche, e altre prominenze. Questi corpi rubano più o meno dell'elettricità aerea, secondo l'ampiezza del lor volume, l'elevazione in cui si trovano, e la lor natura *deferente*: in difetto di essi anche la pianura, e le rase campagne ne portan via la loro parte; nè già nel solo strato d'aria contigua avviene cotal perdita di elettricità; ma va mano mano estendendosi ai vicini; con molta lentezza, se l'aria è tranquilla: con minore s'ella è agitata in modo che si rimescoli uno strato coll'altro. Ecco perchè vicino a siffatte eminenze, alle case, agli alberi, nelle valli anguste, tra le muraglie di una corte o di un giardino men ampio ec. i segni dell'elettroscopio atmosferico riescono incomparabilmente più deboli, che in luogo aperto e libero, fino ad essere talvolta insensibili anche coll'ajuto della fiamma, se non si

ricorre inoltre al condensatore: ecco perchè riescono del pari deboli e insensibili codesti segni eziandio in mezzo di nna rasa campagna, e fin sulla sommità di una collina, se si tiene l'elettroscopio troppo vicino a terra, ove l'aria è spogliata quasi per intiero di elettricità. Ma perchè non si spoglia alla fine tutta strato per istrato nell'ampio seno della terra? La ragione è, che se ne produce ognor di nuova da nuovi vapori, che salgono ec.

Allorquando l'aria, per essere molto umida, si trova poco isolante, ben si vede che verrà a deporre con minore difficoltà, e men lentamente la sua elettricità, comunque debole. Ad ogni modo non la depone ancora nel conduttore puntuto o non puntuto del nostro elettroscopio atmosferico con quella prestezza che richiederebbesi per far salire, distrutta a bella posta l'elettricità *accidentale* di 6, 8, 10 gradi per es., la *reale* neppure a 3 gradi. E quì ancora, se vogliasi lasciar sussistere quella prima elettricità di *pressione*, schivando di toccare il conduttore, non andran già rinforzandosi col tempo i segni dell'elettrometro, e crescendo la divergenza de' pendolini, ma decaderanno anzi a vista d'occhio; tanto più che l'umidità nuoce sommamente all'isolamento dell'apparato, e lo distrugge affatto, se troppo a lungo vi rimanga questo esposto.

Che se l'aria finalmente sia sopraccarica di vapori, regnandovi fino a terra folta nebbia, e più se ne distillino minute goccie, e più ancora se sia rotta da vera pioggia, o da neve; non essendo più

allora l'aria sola, che comunica al conduttore atmosferico l'elettricità, ma sibbene i fiocchi di neve e le goccie d'acqua, sostanze *deferenti*, ne verrà che esso conduttore contragga da quelli in più breve tempo una dose sensibile di elettricità, la quale anche distrutta coi toccamenti risorgerà ben tosto. Con tutto ciò fia questa ancora molto inferiore in forza a quella dello strato d'aria, a cui giugne la punta di detto conduttore, a quella in somma ch' ei contrarrebbe, se in cima vi brillasse la fiamma. Ho fatto più volte queste sperienze, piovendo e nevicando, sì col piccolo apparato portatile, che coll' altro á lanterna (il quale non può essere più comodo per simili tempi); ed ho confrontato i segni che ottenea adoperando la fiamma, e sopprimendola: or quando coll' intervento della fiamma i segni elettrici salivano es. gr. a 20, 30, 40 gradi, e, distrutti con qualche toccamento, si rimetteano in men di un minuto allo stesso segno; senza la fiamma, fosse pur densa la pioggia o la neve, arrivavano a stento alla metà, cioè a 10, 15, 20 gr., e distrutti non si rimettevano che a capo di più minuti. Che se piccola era la pioggia e rari i fiocchi di neve, molto più bassi ancora si teneano i segni elettrici, a 4, 6, 8 gradi solamente. Se poi non vi avea che nebbia, comunque folta, purchè non istillasse in goccie, appena 2, o 3 gradi si otteneano, in tempo che facendo giuocare la fiamma, sorgeva l'elettricità alla sopra indicata forza di 20, 30, 40 gradi.

Convien dunque anche in questi casi di aria estre-

mamente umida di nebbia, di pioggia, di neve, non altrimenti che per quelli di aria serena e asciutta, se si vogliono ottenere dei segni forti, se si vuol far acquistare al conduttore atmosferico un' elettricità *reale* così forte come quella dello strato d'aria a cui s'innalza, conviene armarlo del zolfanello acceso, o di un'altra fiamma: senza di che l'esperienza è troppo meschina, e l'espressione dell'elettrometro *difettiva*, nel senso che ho spiegato.

Ora da ciò che abbiam veduto si fa evidente, che l'aria carica di nebbia la più densa, l'aria rotta da spessa pioggia, non è per anco un conduttore che possa dirsi buono; giacchè con qualche stento ancora depone l'elettricità ne' corpi *deferenti* che le si presentano, e non se ne spoglia intieramente negli ampj contatti colla terra, cogli alberi e colle prominenze, sussistendo per ore e giorni. È però vero, che in assai maggiore copia, e molto più presto vi se ne scarica, che quando non è nè piovosa, nè nebbiosa, o la nebbia è alta dal suolo.

Per la qual cosa se consideriamo, che con tutta questa copiosa e continua scarica negli alberi, nelle case, nell'ampia faccia della terra, cui involge e umetta la nebbia, anche dopo che ha durato più ore, e talvolta de' giorni intieri, pur ne si mostra così fortemente elettrica, che sorpassa di gran lunga la solita elettricità di ciel sereno, come in più luoghi ho accennato dietro le sperienze di Ronai-

ne, di Henly, di Cavallo (*a*), di Saussure (1), e d'altri, e dietro le mie, che ho in succinto riportate in fine della lettera precedente; se, dico, consideriamo, che la nebbia, malgrado tali e tante perdite, mantiensi tuttavia ricca di elettricità, e sempre di elettricità *in più*, stupir dovremo e concludere, che grande oltre ogni credere e immensa sia la copia di fluido elettrico, che i vapori condensandosi in nebbia spremono, per così dire, dal loro seno, e che per tal guisa divien ridondante. Or che sarà, se tal condensazione di vapori accada in alto, e formi l'ammasso nebuloso lungi da terra, ed isolato da ampio strato d'aria non molto umida? A qual forza non salirà l'elettricità in questo nuvolo, che non può, come le basse nebbie, alleggerirsi di continuo della strabocchevole dose di fluido elettrico? ad una forza, che non è concepibile. Non fia dunque meraviglia, che tenti in altre guise più strepitose lo sfogo, tuonando, fulminando ec. Ma non voglio quì entrare in questa materia, su di cui avrò a trattenervi, o mio Signore, nelle altre lettere consecutive. Or è tempo di por fine alla presente.

Sono ec.

(*a*) Vegg. le Trans. Filos.
(1) Op. cit.

LETTERA QUINTA (1)

Fin qui, mio Signore, esaltando il gran potere della fiamma, la sua virtù incomparabile di succhiare l'elettricità qualunque sia dall' aria e tramandarla a' conduttori contigui, non ne ho fatto l' applicazione che alle sperienze dirette ad esplorare, o coll' Elettrometro atmosferico portatile, o con altro apparato l'elettricità di ciel sereno, quella delle nebbie, delle pioggie e sibbene de' temporali; e ciò al solo ed unico fine di fare delle osservazioni, che servir possano ai progressi della Meteorologia elettrica. Ma non potrebbesi ricavarne un altro vantaggio, a giudizio di molti più considerabile, un utile economico, quello cioè di dissipare in gran parte l'elettricità furiosa de' temporali che minacciano le nostre campagne, e le nostre case? Cosa non ci prometteano i conduttori Frankliniani, o piuttosto gli encomiatori entusiasti di questa in vero stupendissima invenzione, non solamente riguardo al dirigere con sicurezza il fulmine, in caso ch' ei venisse a colpire il conduttore medesimo, e al condurlo quinci innocuamente sotto terra (ciò che incontra,

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica, Vol. 6.° pag. 137.

sebbene a torto, de' contradditori); ma per cotesto oggetto pur anche di scaricare in silenzio l'elettricità delle nubi temporalesche? Non contenti quei troppo zelanti partigiani di pronosticare che si verrebbe coi così detti *para-fulmini* a prevenire, non che il danno, lo scoppio stesso della folgore, la sua caduta sopra l'edifizio armato e sopra i vicini; ciò che è di già troppo, ciò che l'esperienza ha contraddetto più d'una volta, non rari essendo gli esempi di fulmini che colpirono i conduttori stessi, e ne fusero le punte (senz' altro danno però, e salve tutte le parti dell'edifizio, allorchè tai conduttori erano disposti a dovere); non contenti, dico, di augurare, e prometter tanto, son iti più lungi ancora, fino a credere, o a voler far credere, che si riuscirebbe a forza di moltiplicare sì nelle città e luoghi d'abitazione, che nell'aperta campagna de' buoni conduttori alti ed acuminati, se non a dissipare intieramente i temporali, a calmarli e ad esaurirli a segno d'impedire, con ogn'altro loro funesto effetto, la formazione ben anco della grandine. Tra i fautori di siffatti straordinarj divisamenti io non nominerò che il Sig. Bertholon, il quale in varie Memorie, altronde stimabilissime, e nella recente sua opera sull' *Elettricità delle Meteore* (*a*) propone l'accennato spediente. Egli occupato della sola Elettricità, e nulla veggendo che Elettricità, ad essa tutto attribuisce, e le fa produrre non che i Tem-

(*a*) *De l'Électricité des Météores*, 1787.

porali, le Trombe di mare e di terra, le Aurore boreali, ma le Stelle cadenti e i Bolidi e pioggie, e venti e rugiada e tremuoti ed eruzioni vulcaniche; quanti insomma v' hanno fenomeni, o puramente atmosferici, o terrestri-atmosferici: per nulla dire dell' economia vegetabile ed animale, che in altre opere particolari sopra questo soggetto egli subordina intieramente al medesimo agente, cioè al fluido elettrico; da tal fluido o troppo abbondante o scarseggiante ripetendo i varj temperamenti e le malattie pressochè tutte, le quali non dubita di classificare secondo questo suo immaginario sistema.

Ecco fin dove porta una voglia intemperante di generalizzare e di tutto ridurre ad una causa sola. A me piacque pur sempre di veder esteso il dominio dell' Elettricità; e mi lusingo di avervi in qualche modo contribuito colla scoperta dell' elettricità *negativa* prodotta dalla semplice formazione de' vapori, e della *positiva* prodotta dalla condensazione e disfacimento de' medesimi; mercè di che ho svelato, se non l' unica, certo la principale sorgente dell' elettricità atmosferica, e giunto sono a spiegare in miglior modo gli andamenti della medesima, come ho fatto vedere in parte nelle lettere precedenti, e cercherò di fare più compiutamente nelle susseguenti, piacque, dico, a me pure di veder esteso il dominio dell' Elettricità, ma non oltre i confini; siccome ora mi piace di esaltare, ma dentro i limiti, la virtù e i vantaggi de' conduttori atmosferici, e in particolare della fiamma nel trarre giù dall' aria l' elettricità. Mi guarderò dunque bene dal dare

ancor io ne' biasimati eccessi, dal promettere mari e monti con questa mia fiamma, cioè un' immancabile intera dissipazione de' più fieri temporali per opera di essa; dallo spacciarla qual preservativo sicuro od impedimento alla formazione della grandine, alla nascita de' turbini ec. Dirò soltanto, ponendo di nuovo in vista la superiorità tanto grande della fiamma sopra i semplici conduttori acuminati nello spogliare di elettricità l' aria imbevutane, che se sperare qualche cosa si può riguardo allo sventare i temporali o al calmarne la furia, abbiam luogo di sperare molto più da alcuni fuochi accesi quà e là ne' campi aperti, e meglio ancora ne' siti eminenti, che da tutte le spranghe acuminate che mai si volessero innalzare; attesochè ciascuna fiamma eccitando una gran corrente (incomparabilmente maggiore di quel venticello elettrico che mai possa produrre qualunque punta) spoglierebbe d' elettricità in poco tempo un volume grandissimo d' aria e di vapori, il quale ne verrebbe in seguito a spogliare le nuvole cariche soprastanti ec.

Che dunque? Pretenderemo noi con tali fiamme, e colonne di fumo mandate verso il cielo, di esaurire per poco e dissipare i più gran temporali con quella facilità con che il Sole dissipa co' suoi raggi la nebbia del mattino? Io non amo, il ripeto, di farmi illusione fino a tal segno. Cosa mai sono gli agenti i più efficaci, che l' arte sa impiegare, rimpetto alle forze irresistibili della Natura; e le nostre misure paragonate alla sua grandezza in ogni senso? Quale meschina risorsa non si direbbe quella di de-

rivare con de' canali, fossero pur larghi e profondi, l'acqua del mare, non che per votarne il grande abisso, ma per abbassarne pur solo il livello? Or un temporale può giusto dirsi un mare di elettricità, e le fiamme innalzate canali per esaurirlo: quanto poco dunque varranno a farlo?

Queste cose io dico a me medesimo, prima che chicchessia me le obietti. Ma poi più posatamente meditando vengo sul riflesso, e invito anche gli altri a riflettere meco, come la Natura, avvegnachè possente oltre ogni credere, non produce sempre i suoi fenomeni tanto in grande, quanto s'estendono le sue forze, considerate ciascuna separatamente e nel suo colmo, e quanto ella giunge a produrre in certe circostanze favorevoli allo sviluppo di tale o tal altra forza; ma tempera perlopiù i suoi fenomeni in virtù di queste forze medesime, che trovansi bene spesso in opposizione fra loro e si bilanciano mercè di una maravigliosa armonia delle sue leggi. Sono pertanto opera dell'istessa Natura, siccome l'immensità dei mari, così i laghi e stagni angusti; come i torrenti rovinosi, così i placidi ruscelli: compone ella egualmente le piccole colline e i grandi ammassi di montagne; dà moto a lievi zefiri; fa lentamente scendere la rugiada; forma le rare nebbie, le piccole nubi, le dolci e minute pioggie; produce la blanda e tranquilla elettricità dell'aria: tuttociò co' medesimi agenti, con cui eccita in altre circostanze i venti furiosi e gli oragani; inonda la terra con diluvj d'acqua; forma ed ammassa le nubi tempestose; fa romoreggiare il tuono e scoppiare il

fulmine; alluma, ed infiamma tutta l'atmosfera. Se dunque si considera che la Natura non opera sempre con fracasso; che anzi sono tai casi infinitamente più rari degli altri in cui agisce pacatamente, onde ben disse un mio dottissimo Italiano, il Conte Ricati, che il sistema della Natura è un *sistema moderato;* se si considera che tutti i suoi fenomeni, nella combinazione di tante e sì variate circostanze, accaderdenno in tutti i diversi gradi di forza dalla più grande irresistibile fino alla più picciola impercettibile; si vedrà come riguardo pure a temporali, scendendo dai più grandi e terribili ai più piccioli ed innocui, ve ne hanno ad essere di mezzo alcuni tuttavia dannosi e pericolosi, non però insuperabili, tali voglio dire, che da un numero più o men grande di fuochi accesi ne' luoghi a proposito potranno venire spogliati d'elettricità a segno di svanire, o di perder almeno la forza di nuocere. E perchè, se la piena dell'elettricità è grande sì, ma non immensa, non serviranno a disperderla, o a scemarla almeno considerabilmente tanti buoni scaricatori, quali sono le fiamme? Come se più scoli per canali artefatti non potessero asciugare una palude, od abbassare di molto il livello di un lago, perchè non giungono ad abbassare sensibilmente quello del mare. In verità io non veggo, che sia fuor di ragione lo sperare di potere così per mezzo di molti fuochi accesi, non dirò dissipare intieramente, ma sibbene estenuare di molto alcuni temporali; se non i più estesi e tremendi, quelli almeno circoscritti a poco spazio, e non così furiosi, ma tuttavia minaccianti grandine

od altro disastro, di poter, dico, estenuare cotai temporali, tanto da renderli innocui, o men dannosi, e di più corta durata. Una tale speranza concepita con tali riserve, e a tai limiti ristretta, non deve già sembrare ridicola; e può bastare ad incoraggire a far delle prove: le quali sole finalmente mostreranno la molta, poca o niuna utilità del metodo che ardisco proporre.

Ma quale metodo mai? Uno, che ben lungi dall'esser nuovo, trovasi praticato fin dalla più rimota antichità; insorgerebbe quì qualcuno di quegli Eruditi, che trovano tutta la Natura spiegata nei riti degli Antichi, soprattutto in quelli de' tempi favolosi. Qual rito infatti, qual pratica vi ebbe mai più universale che quella di fare le offerte alla Divinità del Cielo col fuoco e la fiamma de' roghi, e col fumo delle vittime che si sagrificavano giusto ne' luoghi più aperti, e sulle eminenze più dominanti? E non si proponevano appunto quei primi mortali di calmare la collera del Cielo, di declinare il rigore delle sue minaccie, di disarmare infine il braccio *fulminante* di Giove, per mezzo di questi olocausti della fiamma pura e del fumo accettabile che facean salire verso di lui? Sappiamo da alcuni anni solamente, che questo *Giove tonante*, questa terribile potenza delle nubi, che i deboli mortali hanno divinizzata, potenza che produce il fulmine ed altre meteore, che rende l'aspetto del Cielo minaccioso ec. si è *l'elettricità;* ed io ho scoperto in oggi, che la fiamma e il fumo son dotati di una virtù affatto incomparabile di sottrarre alla regione

dell'aria, che ci sta sopra, cotesta possente elettricità. Ma gli antichi (sosterrebbe il mio dotto Antiquario) sapevano e conoscevano tutto questo, siccome pure aveano di già fatte tutte le scoperte dei moderni (*a*), le quali, sendo venute in dimenticanza ne' susseguenti secoli, non si è fatto che risuscitarle a nostri giorni. Così è, direbbe: gli Antichi, ma quelli solo de' tempi rimotissimi, conoscevano tutte queste cose dell'elettricità atmosferica, e de' mezzi di dissiparla; giacchè allorquando abbandonati gli altari campestri s'avvisarono gli Uomini ne' secoli posteriori di costrurre ad oggetto di pompa de' Templi, e di collocarvi l'are e i fuochi dei sagrifizi, di abbruciarvi gli incensi odorosi ec. avean essi già perduto di vista il principale scopo, che fu nella sua origine, e ne' primi tempi, di far ascendere direttamente queste fiamme e questi fumi alla regione delle nubi, per mantenere la calma e la pace tra il cielo e la terra, nel linguaggio religioso, e nel linguaggio fisico per facilitare la diffusione e l'equilibrio dell'elettricità, cotanto terribile allorchè vi si trova molto sbilanciata. Ciò nondimeno, siccome

(*a*) Merita su questo proposito d'esser letta una bell'opera del Sig. Dutens intitolata: *Recherches sur l'origine des Decouvertes attribuées aux modernes*, 1766, e i supplementi ad essa. Fa stupore il vedere come l'autore si studia di rinvenire nelle opere degli antichi spiegate od adombrate almeno le moderne teorie, e le scoperte che si hanno per nuove. Quanto egli sia stato in ciò felice non possiamo deciderlo, nè se potessimo il vorremmo.

ne rimane sempre qualche cosa delle scoperte antiche, avvegnachè cadute in oblivione, e se ne trovano sovente de' vestigj in certe pratiche divenute in progresso di tempo inintelligibili; ed essendo che dovette (a giudizio del nostro Erudito) esser nota agli Antichi de' primi tempi eziandio la virtù delle punte, e de' conduttori metallici continuati senza interruzione fino a terra, per garantire gli edifici dai danni del fulmine, ecco (soggiugnerebbe egli), che ne fu fatto il miglior uso nella costruzione del famoso tempio di Gerosolima (intendasi sì del primo fabbricato da Salomone, che del secondo ai tempi di Erode), il cui tetto coperto tutto di lamine d' oro, ed irto di puntute spranghe dorate, avea ampie comunicazioni metalliche fino a terra per mezzo di altre simili lamine che lo vestivano, e per mezzo di canali prolungati fino a delle cisterne che vi avean sotto.

Questo soggetto dell' armatura metallica del Tempio Gerosolimitano affatto acconcia non che a preservarlo da qualunque guasto del fulmine, ma a prevenirne finanche la caduta sopra di lui, per il che ne andò infatti esente, con unico esempio, per più di mille anni, malgrado la sua situazione, che lo esponeva più d' ogn' altro edificio ai temporali molto frequenti in Palestina; questo curioso soggetto ha dato luogo, non ha molto, ad una corrispondenza di lettere tra voi, mio Signore, e il Sig. Michaelis, nelle quali con profondità di erudizione, e con un' esatta applicazione della Scienza elettrica discussi avendo tutti i punti rela-

tivi, convenuti siete nel medesimo sentimento (*a*) non già nel sentimento di quel fanatico Antiquario che ho introdotto, qual personaggio ideale, per giuoco; ma in quest' altro assai più giudizioso, che adotto io pure volentieri, cioè che la divina Provvidenza ha guidato il Re Sapiente nella costruzione di quel maraviglioso edifizio in modo, che senza cognizione di causa, senza neppur pensare a ciò, ei venne a garantirlo dal fulmine. Or se io tengo con voi e col Signor Michaelis, che l' armatura delle puntute aste metalliche sia stata posta da Salomone al Tempio per tutt' altro disegno, che per condurre a terra innocuamente la materia del fulmine, comunque poi ottenesse anche questo vantaggio, che ei non s' era altrimenti proposto; immaginatevi s' io crederò, che a tale intento s' adoprassero i fuochi e i roghi da' primi uomini. E chi sostener lo potrebbe seriamente, fuorchè uno simile a quel mio supposto Antiquario, in bocca di cui ho avanzate tali cose, ad oggetto unicamente di rallegrare la materia? Voi intanto, Signore, che avete preso interesse alla discussione del soggetto concernente il Tempio di Gerosolima, spero che mi perdonerete se ho voluto questa volta divertirmi un poco intorno all' al-

---

(*a*) Voyez Journal de Physique, an 1784 et 1785. *Correspondance entre M.* De Michaelis *Professeur en Langues orientales a Goettingue, et M.* Lichtenberg *Professeur en Physique sur un trait de l'Histoire ancienne au sujet des Conducteurs*, traduit de l'allemand.

tro che riguarda i fuochi de' Sacrificj campestri, purchè il divertimento e i vani discorsi non vadano più in lungo. Basti dunque così: chiudiamo questa lettera piena soltanto di belle immaginazioni e d' idee, non so se mi dica sublimi o stravaganti. In compenso sto preparando altre lettere, che saranno di tutt' altra tempra: conterranno fatti e osservazioni; e con esse andrò internandomi, assai più di quello che ho fatto in tutte le precedenti, ne' fenomeni dell' Elettricità atmosferica.

Sono ec.

LETTERA SESTA (1)

Eccomi, o mio Signore, a soddisfare, anche prima di quello ch' io pensava, alla promessa di farvi parte con una nuova serie di lettere delle mie, quali esse si sieno, osservazioni e meditazioni sopra varj fenomeni della Meteorologia elettrica.

Ho avuto occasione in più luoghi delle precedenti lettere di riportare le sperienze, consegnate già nell'*Appendice* alla mia *Memoria sul Condensatore*, colle quali mi è riuscito di far nascere l'elettricità mercè della semplice evaporazione; ed ho spiegato come su tali sperienze è fondato il mio sistema intorno all' origine dell' elettricità naturale atmosferica, e sue vicende. Or quì avanti d' innoltrarmi nelle applicazioni degli stabiliti principj ai diversi fenomeni meteorologici, stimo opportuna cosa il trattenermi un poco sopra tali sperienze, e avanti tutto sopra varie circostanze, altre necessarie, altre più o meno favorevoli al buon riuscimento delle medesime. Ciò mi preme tanto più, quantochè sono informato, come alcune di queste

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica, Vol. 7.° pag. 81.

sperienze, che furono da me piuttosto accennate che descritte nella citata Appendice, non sono riuscite ad alcuni Fisici, comunque esperti, che han voluto ripeterle. Non parlo di voi, mio Signore, cui sò, che son riuscite tutte; nè delle sperienze coll'acqua, o fatta semplicemente bollire, o spruzzata sopra carboni accesi, ed altri corpi infocati, le quali son riuscite presso a poco a tutti coloro, che dietro a me ne han fatto prova; ma parlo di quelle colla sola combustione de' carboni, che a me riescono assai bene, anzi meglio delle altre, ottenendone io de' segni di elettricità più decisi e più sensibili; e che per difetto delle necessarie attenzioni mancano per lopiù nelle mani altrui.

La più essenziale di queste attenzioni è di moderare la combustione in modo, che non ne sorga punto di fiamma, e il men di fumo possibile. Questo fumo, e assai più la fiamma colla sua forza dissipatrice, distrugge di mano in mano quell'elettricità, che nasce dalla formazione de' vapori. Ho spiegato, cred'io, assai chiaramente nella lettera quarta questa forza dissipatrice della fiamma; e come essa riduca tosto il corpo, o il sistema de' corpi a cui appartiene, allo stato elettrico, o non elettrico, qual si trova, dell'aria ambiente, per via di quella rapida circolazione, che detta fiamma v'induce, e del forte riscaldamento, e rarefazione che soffrono le particelle di quest'aria portata successivamente al di lei contatto, la qual rarefazione, e vivo riscaldamento le rende *deferenti*. Quando dunque l'elettricità dell'aria ambiente è nulla, che

mi vale l'elettricità prodotta dall'evaporazione, o dalla combustione nell'apparato, se quest'aria se la porta via, se esso apparato per l'intervento della fiamma si compone all'equilibrio coll'aria medesima non elettrica?

Ma anche quando non sorge fiamma, nè fumo notabile da' carboni che s' abbruciano es. gr. in un braciere isolato, l'aria che vi accorre da tutti i lati a rimpiazzare quella che rarefatta pel forte calore s'innalza, e accorrendovi, e lambendo gli accesi carboni si riscalda anch'essa a segno di divenire presso a poco un buon conduttore, quest'aria debbe pure disperdere in gran parte quella qualunque elettricità, che la formazione de'vapori ha potuto indurre nel braciere, il quale circondato per ogni lato da tal aria irrequieta, e calda appena più può dirsi *isolato*. A ciò rimediare si può fino a un certo segno, facendo in un modo o nell'altro che la combustione sia lenta e debole assai; e poca agitazione di aria vi abbia d'attorno.

I Fisici pertanto, cui non è riuscito di ottenere alcun segno di elettricità dalla semplice combustione, e che han potuto dubitare di questa parte della mia scoperta; e quegli altri, che non giunsero ad ottenerne che dei segni debolissimi, non hanno, come credo, fatta la debita attenzione a tutto ciò; non hanno compreso o riflettuto qual sia la forza dissipatrice delle correnti di fumo, o d'aria caldissima, e singolarmente della fiamma; e di quanto quest'ultima superi ogni altra forza disperdente, fin quella delle più acute punte me-

talliche, come ampiamente ho mostrato nelle lettere precedenti. Li prego dunque di voler ripetere le sperienze nel modo che passo a descrivere, e che siccome il più facile e il mio più usitato.

Colloco sopra uno sgabello isolante a dovere un fornello portatile, es. gr. un di quelli da cioccolata, e vi getto dentro due o tre piccoli carboni ardenti della grossezza di una nocciuola, che copro con un pugno d'altri carboni non accesi, umettandoli alquanto se son troppo secchi. Questi anzichè aumentare ammorzano il fuoco, e già già lo spengono, a meno ch'io non l'ecciti un poco col soffio della mia bocca, o meglio aprendo lo sportello del cinerario, per incamminarvi di sotto in su una corrente d'aria. Ora non sì tosto il fuoco comincia ad attaccarsi, e serpeggiare pel mucchio de' carboni neri, che tutto l'apparato, cioè il fornelletto collo sgabello si mostra elettrizzato a segno di far divergere le paglie del mio elettrometro più sensibile fattogli toccare, d'una linea, poi di 2, 3, 4, ed anche più, di far saltellare delle fogliette d'oro paglio, e fino de' fiocchetti di cenere. Distruggete cotal elettricità con qualche toccamento; e la vedrete rinascere in pochissimo tempo, in meno d'un minuto: lasciatela; ella non crescerà oltre un certo termine, oltre 8 o 10 gradi per esempio; ma si sosterrà in questo stato fintanto che si mantiene, moderando la corrente d'aria, la stessa combustione lenta.

Che se troppo s'avanzi, e divenga una combustione più viva accompagnata da un gran calore, e

da una corrente d'aria assai forte, la qual manifestasi anche all'occhio per una specie d'ondulazione, o traballamento nella colonna che sta sopra il fornello; l'elettricità diminuirà allora di molto nell'apparato, venendo, come è facile il presumere, portata via in gran parte e dissipata da quell'aria medesima, che s'introduce per di sotto, attraversa il fuoco, e s'innalza caldissima formando la colonna ascendente or or menzionata: finalmente sparisce ogni elettricità, tostochè avvivata viepiù la combustione, la fiamma vi prende, e si leva alcun poco in alto.

Non debbo lasciare di dire, che allorquando in luogo del fornello pongo sullo sgabello isolante un semplice braciere, comunque io moderi nella miglior maniera la combustione de' carboni, e che eviti ogni fiamma, l'elettricità che ottengo è considerabilmente più debole di quella che ho impiegando il fornello: allora è difficile di aver segni sensibili, senza ricorrere al *condensatore*. Ma, e d'onde questo avvantaggio del fornello sopra un semplice catino, o braciere? E che fa ella la struttura del primo alla produzione dell'elettricità? Io voglio supporre per un momento, che non influisca propriamente nulla a cotesta produzione (la quale è effetto unicamente della combustione, in quanto questa è un'evaporazione, una volatilizzazione): in tale supposto ancora sarebbe digià molto, se la struttura del fornello servisse a diminuire la dissipazione dell'elettricità; ed è appunto ciò che fa,

mercecchè le alte pareti, che cingono i carboni, impediscono quell'affluenza d'aria, che ha luogo da tutti i lati per il braciere, o per altro simile recipiente largo, e poco profondo, e non lasciano entrare nel fornello che un poco d'aria per la finestra sotto la graticola, sufficiente per mantenere la debole combustione, ma non capace a portar via in grande quantità l'elettricità prodotta. Dico *in grande quantità*; giacchè per moderata che sia la corrente d'aria, per poco attizzati che siano i carboni, una parte considerabile dell'elettricità prodotta dee pur sempre venir involata da quest'aria; di maniera che i segni che noi otteniamo non sono mai di tutta cotesta elettricità, ma solamente di un residuo di essa.

Ora, se il residuo (facciam quì di passaggio una riflessione) è ancora così grande, che l'apparato intiero, cioè il fornello col suo sostegno, e un lungo filo metallico che mette capo all'elettrometro, tutti questi corpi, dico, divengono elettrizzati *negativamente* talvolta di 8 di 10, ed anche più gradi, in meno d'un minuto; in conseguenza per una piccolissima quantità di vapori tramandati, per la volatilizzazione di alcuni grani solamente di materia, che perdono in tal tempo due o tre carboncini abbrugiando lentissimamente; quanto grande non sarà la quantità di fluido elettrico ch'una massa di vapori considerabile può involare, e quella che involano realmente alla terra i vapori che si sollevano da tutta la sua superficie? E chi più rimarrà sorpreso, che una tale evaporazione comunque tranquilla e lenta, possa somministrar materia

all'elettricità sparsa in tutta l'atmosfera, e alle più terribili meteore?

Tornando alla forma del vaso, in cui ardono i carboni, io vado innanzi, e dico; che la supposizione, che tal forma non influisca per se stessa alla produzione dell'elettricità, non è poi vera affatto. Sì Signore, io sostengo che v'influisca benissimo; ed ecco come: le alte pareti del fornello tenendo raccolto quel poco d'aria che vi circola, riducendolo cioè a una colonna stretta; danno mano alla produzione dell'elettricità, perciò che somministrano alle parti volatilizzate, ai vapori elastici che slanciansi dal fondo del fornello, quella parte del fluido elettrico, di cui essi vapori hanno tuttavia bisogno per satollarsi, per riempiere la nuova capacità acquistata. Ella è questa la base della mia teoria: un corpo, che si volatilizza, e prende la forma di vapor elastico, acquista con questo nuovo stato una *capacità* molto più grande, che lo rende, giusta le leggi dell'equilibrio, esigente, o diciam così sitibondo di una nuova dose di fluido elettrico. Or i vapori difficilmente possono prender tutto quello che loro abbisogna, al momento che vengono formati. Si concepisce infatti, che questi vapori espulsi dai carboni all'istante medesimo di loro formazione non possono avere il tempo di satollarsi di fluido elettrico, quanto la loro grande *capacità* in qualità di vapori elastici lo esige; e che per conseguenza essi deono continuare a prenderne a spese delle pareti del fornello, rasente le quali salgono. In mancanza di queste pareti, i vapori lasceran-

no l'apparato, da cui si staccano troppo presto, spogliato di ben poco fluido elettrico, e per conseguenza un tantino appena elettrizzato *in meno*, come abbiam veduto che succede al braciere, od altro recipiente largo, e non profondo; intantochè succhiando essi il rimanente di fluido elettrico, che loro bisogna, poco a poco, e a grande stento dall'aria che attraversano, la renderanno essa pure di strato in istrato impoverita, vuo dire elettrizzata *in meno*; non però sensibilmente, atteso il gran volume di essa, e la piccola quantità di tali vapori.

In somigliante maniera io amo di rappresentarmi i vapori, che s'alzano nella giornaliera evaporazione dalla superficie della terra, tutti intesi ad involare il fluido elettrico, di cui hanno sì grande esigenza, parte al suolo onde si staccano, parte alle piante, ed altre eminenze, che incontran salendo, e parte infine agli strati dell'atmosfera che attraversano. In questa supposizione tutt'affatto conforme ai posti principj, gli strati inferiori dell'atmosfera essendo i primi a fornire il fluido elettrico ai vapori innalzantisi, e dovendone perciò appunto fornire dipiù che gli strati superiori, a cui giungono detti vapori di mano in mano men sitibondi; è facile il concepire come eziandio ad una piccola elevazione da terra, dove i vapori non sembrano di aver ancora subita alcuna condensazione, dove non v'è neppur ombra di annebbiamento, nei giorni perfettamente sereni, e nelle ore del sol più vivo, si ottengano niente di meno i segni ordinarj di elettricità *in più*: codesta elettricità non è per

avventura come quella delle nebbie ec. effetto immediato di una ridondanza di fluido elettrico spremuto fuori, dirò così, dai vapori condensati (nel qual caso suol essere più forte): ma bene effetto di una minor deficienza di detto fluido negli strati d'aria più alti che ne' più bassi; essendosi questi più di quelli impoveriti per arricchire, come abbiamo spiegato, i vapori cui dierono passaggio: il che poi viene a dire, che il fluido elettrico è più abbondante all'alto che al basso.

Si può tutto questo applicare facilmente alla produzione artificiale dell' elettricità per mezzo dell' ebullizione dell' acqua. Si capisce primieramente perchè un'evaporazione copiosissima d'acqua contenuta, sia in una caffettiera, sia in una gran caldaja, non produce punto o poco di elettricità nell'apparecchio isolato, fintantochè quest' acqua non entra in ebullizione, e in un' ebullizione forte: la ragione è, ch' egli è proprio dei soli *vapori elastici* d' acquistare quella prodigiosa *capacità*, di cui abbiamo parlato, e per la quale esigono una tanto maggior dose di fluido elettrico; siccome è proprio di essi soli di acquistare una simile capacità pel fluido calorifico; e in niun modo, come io penso, degli altri *vapori* nebulosi ossia *vessicolari:* sarebbe molto se questi potessero pretendere a qualche cosa di simile, voglio dire a un poco di *calor latente*, e di *elettricità* pur anche *latente;* ciò che non credo, quantunque io non abbia evidenti prove per negarlo assolutamente. Ora l'ebullizione producendo in folla i vapori elastici, che si slanciano

sotto forma apparente d'aria attraverso tutta la massa dell' acqua, e l' abbandonano dopo un tal tragitto, non dobbiamo essere sorpresi ch' ella occasioni un impoverimento considerabile di fluido elettrico nell' apparato, un' elettricità sensibile *in meno:* come pure non ci dee far maraviglia, che un' altra evaporazione senza bollore, per quanto copiosa ella sia, e lo sembri all' occhio anche di più per quel nuvolo di vapori fumosi che s' innalza, spandendo però molto minor quantità di vapori elastici al di là dei confini di detta nube, non ecciti che un' elettricità picciolissima, e il più delle volte insensibile. Dico *al di là dei confini del volume nebuloso;* giacchè si concepisce bene, che s' alzano dalla superficie dell' acqua calda fumante dei vapori elastici non pochi, che non mancano di rubarle, e appropriarsi del fluido elettrico quanto possono in quest' istante di lor formazione; ma tale istante è corto; ed essi vapori perdendo tosto lo stato elastico, perdendolo *in seno alla nube di fumo*, onde sono involti, e che concorrono essi medesimi ad ingrossare, cambiati parte in vapori vessicolari, e parte in gocciole, ecco che depongono quel poco di fluido elettrico che si avean preso, e lo restituiscono per la via della medesima colonna nebulosa *deferente*, all' apparato; il quale per conseguenza non può mostrare che picciolissima elettricità *negativa*.

Il Sig. di Saussure dice di non averne ottenuto punto quando l' acqua fumava soltanto, e non bolliva: io però son riuscito ad averne de' segni, comecchè debolissimi, coll' acqua calda non più di 70,

ed anche solo 65 gradi del termometro di Reaumur.

Si comprende ancora perchè l' esperienza riesca assai meglio quando si fa bollire l'acqua in una caffettiera, od altro recipiente profondo, soprattutto se la colonna d'acqua è essa medesima alta, che quando la si fa bollire in un recipiente espanso, e di poco fondo, o quando nella caffettiera stessa l'acqua non forma che uno strato sottile. La ragione si è, che i vapori elastici, avidi di fluido elettrico, per rubarne in quantità sufficiente all' apparecchio isolato, e impoverirlo al punto di dar segni sensibili di elettricità *negativa*, non debbono già abbandonare tal apparato nell' istante medesimo di lor formazione, come avviene appunto allorchè bolle un sottile strato d' acqua in un vaso di poco fondo; ma continuar devono a toccarlo per alcuni momenti: ciò che fanno allorchè sono obbligati di attraversare prima una massa considerabile d' acqua, poi di rasentare le alte pareti del vaso.

Non è però che anche in vasi espansi pochissimo profondi, anche sopra de' piatti, un sottilissimo strato d' acqua, anzi poche goccie vaporizzate, non producano talora segni sensibili della solita elettricità *negativa*. Io ne ho ottenuto fin nelle mie prime sperienze spruzzando dell' acqua or sopra delle lastre ben riscaldate, or sopra due o tre carboni accesi posti in un picciol crogiuolo; e il Sig. di Saussure ne ha pure ottenuto con infondere delle grosse goccie d' acqua in crogiuoli di varie materie infocati: sopra di che ha instituita una bellissima serie di sperienze, le quali trovansi descritte nell' articolo della

sua Opera, che abbiam avuto più volte occasione di citare nelle precedenti lettere.

A proposito delle quali sperienze di Saussure, non debbo quì lasciare di dire, che sebben confermino nella loro universalità le mie, presentano però un'eccezione, o a dir meglio una singolarità, che merita le più grandi riflessioni: l'acqua che cadendo sopra ogn'altro corpo infocato, fosse terreo, fosse metallico, e dissipandosi quindi in vapori, lasciava in tutte quante le prove quel corpo in un col sostegno isolante, e il resto dell'apparecchio elettrizzato debolmente *in meno*, come porta la mia teoria; cadendo sopra il ferro e sopra il rame roventi, e similmente vaporizzandosi, lasciava l'apparecchio quasi sempre elettrizzato *in più*, nè sì debolmente. Ho ripetuta io pure questa sperienza coll'istesso evento. Or che dire? Non è un tal successo contrario ai miei principj? Tale può sembrare a prima giunta; ma considerata la cosa più dappresso, e confrontata con tutte le altre prove, a giudizio dell'istesso Sig. de Saussure, non vale ad infermare in alcun modo la mia teoria, con cui si concilia benissimo. Egli osserva giudiziosamente, che il ferro e il rame infocati soffrono un'insigne alterazione ne' punti in cui vengono toccati dall'acqua; che questi metalli ne vengono portati ad una specie di calcinazione, come altre sperienze avean già provato, nella qual calcinazione si decompone il metallo, o l'acqua, od amendue (giusta le diverse opinioni intorno all'acqua, al flogisto, alla combustione, e calcinazione, che ten-

gono in oggi divisi i Chimici): che però non trattandosi quì di semplice evaporazione, ma di un fenomeno complicato, può benissimo darsi, che l'elettricità *in meno* prodotta al solito da quella, venga non che compensata, ma perfino soverchiata da un *eccesso* di fluido elettrico risultante dall'indicate decomposizioni del ferro ec. In conseguenza egli s'induce a credere, che in queste sperienze *si generi* realmente del fluido elettrico, non altrimenti che per esse si genera dell'aria infiammabile; e che in sostanza non differisca gran fatto quello da questa. » Sarei dunque portato (dice egli) a riguar-
» dare il fluido elettrico come il risultato dell'unio-
» ne dell'elemento del fuoco con qualche altro
» principio, che non ci è ancora noto. Sarebbe
» egli analogo all'aria infiammabile, ma incompa-
» rabilmente più sottile ». Soggiunge poscia in una nota. » Il Sig. Kirwan si è chiaramente spiegato
» sopra questo soggetto dicendo, che il flogisto in
» uno stato molto più rarefatto che l'aria infiamma-
» bile, ed unito ad una più grande quantità di fuo-
» co, potrebbe esser quello che costituisce il fluido
» elettrico. » Il Sig. Lavoisier sembra pure avere delle idee analoghe a queste,

Dietro a tali idee riflettendo il Sig. di Saussure, che non dal solo ferro, ma sibbene da' carboni ardenti toccati dall'acqua, si produce dell'aria infiammabile; che se ne sviluppa (per que' che ne ammettono l'esistenza) del flogisto non altrimenti che dal ferro; pensò, che produr parimenti si dovesse del fluido elettrico, e nascere quindi l'istessa elettricità

positiva: ma fatto sta, che fu sempre *negativa*, quale suol nascere dalla semplice evaporazione, e quale io aveva detto d'averla costantemente trovata. Questa sperienza si può fare comodamente in due maniere: la prima è di spruzzare, com'io praticava da principio, e come ha ripetuto il Sig. de Saussure, dell'acqua sui carboni accesi entro al solito fornello isolato: la seconda di lasciar cadere due o tre grossi carboni nell'acqua di un caldajo similmente isolato, di lasciarli, dico, cadere dall'alto, acciò si tuffino profondamente, e ben attizzati, sicchè eccitino uno stridore, e levino gran quantità di vapori. In quest'ultima maniera l'elettricità sempre *negativa*, che acquista l'apparato, suol esser più forte.

Del resto l'idea della composizione e decomposizione del fluido elettrico, oltre agli autori già nominati, è adottata da altri, ed in ispecie dal Sig. De Luc, il quale è d'avviso, che si generi cotesto fluido in seno dell'atmosfera per opera, non si sa come, de' raggi solari. Egli si studia di comprovare con molti argomenti questa sua opinione nella recentissima opera *Idées sur la Météorologie*. Per me dirò, che la supposta generazione del fluido elettrico, comunque sembrar possa plausibile, e conforme al genio della Chimica moderna, non mi va molto a verso; e che nel caso di cui si tratta, inclinerei piuttosto a pensare che il fluido elettrico, il quale salta fuori allorchè si spruzza dell'acqua sul ferro o sul rame infocati, e fa, che l'apparato, malgrado la dose che ne perde in virtù dell'evaporazione che siegue, si mostri di tal fluido ridondante, non sia

già un *prodotto*, ma sibbene un *edotto*: : cioè che detto fluido elettrico si sviluppi soltanto dal metallo, o dall'acqua (da quello dei due che si decompone, e in cui esisteva per avventura in istato fisso); oppure che fosse in qualunque modo contenuto nella parte d'acqua che perde la sua fluidità, e in forma solida si unisce al ferro, e al rame aumentandone il peso ec. il che sembra più verisimile. Conformemente a quest'ultima idea io concepisco dunque che quella quantità d'acqua, che fissandosi ne' detti metalli scompare, perda con ciò anche la capacità di contenere il fluido elettrico che avea prima, il quale per conseguenza divenuto sovrabbondante produca i segni di elettricità *positiva* nell'apparecchio isolato. Se così è; se basta questo fluido elettrico, cui si lascia addietro l'acqua passando a combinarsi col ferro o col rame, se basta, dico, non che a risarcire la perdita della dose naturale, che fa detto apparato per parte dell'altr'acqua che s'alza in vapori, ma a portarvi ben anco un dipiù; non fa dunque bisogno di fabbricare nuovo fluido elettrico: confesso però, che ho qualche pena a concepire, che a tanto basti, quando veggo che pochi grani d'acqua combinandosi col ferro, e più pochi ancora col rame, tutto l'apparato, che è pure voluminoso, contrae un'elettricità *positiva* di molti gradi. Questo fa, che neppure di questa mia spiegazione io sia pienamente contento.

Checchè ne sia della spiegazione, egli è certo, che questo fenomeno singolare dell'*elettricità positiva* prodotta coll'infonder acqua sul ferro o rame

roventi, tiene alla natura medesima di questi metalli calcinabili dall'acqua, cioè all'alterazione che ne soffrono essi, ed a ciò che soffre l'acqua medesima incorporandovisi in parte; non già all'evaporazione come tale: la quale evaporazione, in tutti gli altri casi in cui non accade veruna sostanziale alterazione al corpo che tocca l'acqua e la manda in vapori, in cui quest'acqua appunto non fa altro che svaporare, non produce mai altra elettricità nel recipiente che la *negativa*, come ho trovato costantemente, ed ha riconosciuto l'istesso Sig. de Saussure, il quale dopo aver riferite per esteso le numerose sue sperienze sopra tal soggetto » Che conchiudere (egli » dice) da tutti questi fatti per rapporto all'Elettri- » cità? Niente ancora di decisivo; la questione non » è sufficientemente rischiarata. Mi sembra però, » che poichè la porcellana ha sempre dato un'elet- » tricità *negativa*, e che l'argento l'ha esso pure » data quasi sempre tale, laddove il ferro e il ra- » me l'han data assai più sovente *positiva*, si po- » trebbe conchiuderne, che l'elettricità è *positiva* » coi corpi capaci di decomporre l'acqua, o di de- » comporsi essi medesimi mercè il contatto di essa; » è *negativa* con quelli, che nè soffrono, nè cagio- » nano alcuna alterazione ». Indi prosiegue col passo riportato quì sopra » Sarei dunque portato a » credere ec. » e soggiunge » Coerentemente a » questo sistema, allorchè l'operazione che con- » verte l'acqua in vapore, produce nel medesimo » tempo una decomposizione, egli si genera del » fluido elettrico. Una parte di questo fluido si com-

» bina sul fatto con questi vapori, e serve anzi alla » loro formazione. Il vaso in cui si fa questa operazione, può dunque acquistare un' elettricità, o » positiva, o nulla, o negativa, secondo che la quantità del fluido generato è superiore, eguale o inferiore a quella che viene spesa nella formazione » dei vapori. Ma quando l' evaporazione non è accompagnata da alcuna decomposizione, l' elettricità debb' essere costantemente *negativa*; poichè » niente vi ha, che risarcisca la quantità di fluido » elettrico impiegata alla formazione de' vapori ».

» Si possono, dietro questi principj, spiegare le » sperienze che ho riportate; ed anche rendere » ragione fino a un certo segno delle anomalie che » presentano ec. ».

Or dopo che il Sig. di Saussure si è egli medesimo così formalmente spiegato, come mai il Sig. De Luc, asserir può, che coteste sperienze distruggano affatto la base, su cui si fonda la mia teoria sopra l' origine dell' elettricità atmosferica: teoria, che, a sua detta, è comparsa verisimile e fondata sopra altri fatti? Non posso a meno di qui tra scrivere il passo intiero (*a*). » Qual mistero non è quello dei torrenti di fluido elettrico, che partono » dalle nubi temporalesche? Il Sig. Volta ne avea » assegnato una causa assai verisimile al primo » aspetto, fondata sopra un fatto che il Sig. Cavallo verificò poco dopo, cioè, che allorchè si

(*a*) Idées sur la météorologie, Sect. III. du tonnere.

» getta dell' acqua sopra dei carboni portati da un
» corpo metallico isolato, questo corpo dà dei se-
» gni di elettricità *negativa*. Da questo fatto il Sig.
» Volta ne inferì: che l' *acqua* convertendosi in *va-*
» *pori*, acquistasse una più grande *capacità per il*
» *fluido elettrico*: che quindi ella ne involasse ai
» corpi, di sopra ai quali svaporava, e che, allorchè
» veniva a ripigliare il suo primiero stato; abban-
» donasse questa quantità di *fluido elettrico* dive-
» nuta sovrabbondante all' *acqua* formata. Dal che
» poi tirava questa conseguenza; che il *fluido elet-*
» *trico* era incessantemente involato alla terra e
» trasportato nell' aria per mezzo de' *vapori*; e che
» veniva indi a formarvi il fulmine, quando una
» grande quantità di *vapori* si cambiava subitamen-
» te in *acqua*. Questa ipotesi sembrava confermata
» dai rovesci di *pioggia*, che accompagnano ordi-
» nariamente gli *scoppi di tuono*. Altronde, sicco-
» me la marcia del *fuoco* dell' *evaporazione* è simile
» alla qui supposta del *fluido elettrico*, e che que-
» sto ha dei grandi rapporto con quello; così tale
» ipotesi ne veniva ad acquistare una nuova verosi-
» miglianza.

» Ma primieramente, il Sig. di Saussure ha di-
» strutto con esperienze dirette la base, sopra cui
» s' appoggiava questa ipotesi. Pensando egli pure,
» che l' elettricità *negativa* manifestatasi per via
» dell' evaporazione dell' acqua sopra i carboni pro-
» venisse dalla causa, che il Signor Volta ne avea
» assegnata, s' aspettava con ragione, che qualunque
» corpo caldo tanto da ridurre l' *acqua in vapori* do-

» vesse provare la medesima modificazione: su que-
» st' idea si fece a ripetere l' esperienza, variandola
» in differenti maniere, e trovò che l' evaporazio-
» ne rapida produce più sovente l' elettricità *posi-*
» *tiva*, che la *negativa;* che spesso non produce
» alcuna elettricità; e principalmente, che in tutti
» i casi, quali essi si sieno, in cui l' evaporazione
» è lenta, e però più simile a quella che nell' ipotesi
» fornisce il *fluido elettrico* al *fulmine*, non ha luo-
» go alcun effetto di questa specie . . . . .

» Venendo ora alla Meteorologia, mi sembra,
» che se la Teoria del Signor Volta fosse fon-
» data, tutte le *pioggie repentine* dovrebbero es-
» sere accompagnate da scoppj di *tuono;* ed anzi
» che ogni qualunque *pioggia* dovrebbe produrre
» un grand' aumento di *fluido elettrico* nell' atmo-
» sfera; il che però non ha luogo . . . . . Il *tuono*
» romoreggia ordinariamente nelle *nubi* prima che
» *piova*, e nel tempo che le nubi vanno ingrossan-
» do. Ora, seguendo l' ipotesi del Sig. Volta, non
» dovrebbe avervi allora alcuno sviluppo di *fluido*
» *elettrico*, poichè non s' è formato ancora punto
» di acqua ».

Mi sia permesso di fare alcune osservazioni su questo squarcio del Signor De Luc, che serviranno a dissipare in un colle obiezioni recate, altre difficoltà da lui mosse quà e là nel corso dell'Opera citata, e ad illustrare alcuni punti non anco da me schiariti. In primo luogo non so perchè, contento di riportare unicamente la sperienza dell' acqua spruzzata sui carboni accesi, tralascia egli

tutte quell' altre, in cui e colla semplice evaporazione dell' acqua sopra lastre riscaldate, e colla produzione di diverse arie, e colla pura combustione de' carboni, io avea ottenuto costantemente l' istessa elettricità *negativa* nell' apparecchio isolato: esperienze, le quali, come si vede, aggiungono molto peso alle conghietture, che fin dapprincipio ne ricavai.

In secondo luogo ei conchiude dalle sperienze del Sig. di Saussure ciò, che nè dice, nè pensa l' autore delle medesime; ciò che non si può da quelle in alcun modo ricavare: che l' *evoporazione rapida produca più sovente l' elettricità positiva, che la negativa*. Confrontisi il passo recato di Saussure, anzi tutto l' articolo citato: e non dice egli apertamente, che l' acqua spruzzata sopra crogiuoli infocati di porcellana vi produsse costantemente elettricità *negativa;* e che, se non sempre, per lo più fu tale anche co' crogiuoli d' argento? Anzi che quando si ebbe *positiva*, l' argento non era per avventura scevro di qualche lega di metallo impuro e calcinabile? In somma non attribuisce egli quest' anomalia dell' elettricità *positiva*, prodotta dall' affusione dell' acqua sopra il ferro e il rame infocati, all' alterazione che soffrono cotesti metalli, e l' acqua medesima, convinto da tutte le altre sperienze che l' evaporazione sola, sia pur rapida quanto si vuole, lascia sempre elettrizzato *negativamente* l' apparato? Come dunque può dire il Sig. De Luc che Saussure abbia *distrutta con esperienze dirette la base, sopra cui s' appoggia la*

mia teoria? Certo nol dice l'istesso Sig. di Saussure, il quale la tiene anzi confermata dalle sue stesse sperienze riferite nell' articolo tante volte citato (*a*).

Per ultimo suppone il Sig. De Luc, che nella mia ipotesi la condensazione de' vapori, la quale fa che mettan fuori il fluido elettrico divenuto ormai ridondante, sia solo quell' ultima condensazione, che li riduce al primiero *stato di acqua;* quando io non mi sono mai spiegato così: ho anzi lasciato intendere fin da' primi cenni che ne diedi, che la condensazione de' vapori *elastici* invisibili in vapori crassi, ossia *vescicolari*, quella che li trasforma in nebbie e in nuvoli, quella è che spreme, dirò così, il fluido elettrico, e che fa che tali ammassi nuvolosi compajano fortemente elettrici *per eccesso*. Non ho nè detto nè pensato mai, che bisognasse per cotal' elettricità, che fossero i vapori ridotti effettivamente in goccie di pioggia. Che più? Neppure l'addensamento in nuvoli io lo crederei necessario; se non per l'elettricità molto forte, giacchè per la debole, che suol regnare a ciel sereno, stimai bastare un cominciamento di condensazione, qual è quello che soffrono i vapori a misura che nel salire incontrano strati d'aria più freddi, che li stringe per avventura in una nebbia, ma nebbia così rara, che punto non è visibi-

---

(*a*) Veggansi i passi riportati nella nota al principio della Lettera IV.

le. » Ecco (io dicea nell' Appendice alla mia » Memoria sul Condensatore già citata) come na- » sce l'elettricità *di eccesso*, che domina sempre » più o meno nell' aria anche serena, a quell' al- » tezza, a cui i vapori cominciano a condensarsi; » la quale è più sensibile nelle nebbie, ove quelli » si condensano maggiormente, e già si figurano » in goccie; e infine fortissima laddove le folte » nebbie si agglomerano in nubi ». Non ricercava io dunque, fin d' allora, per far nascere la più forte elettricità, che i vapori si condensassero fino a risolversi in pioggia, ma soltanto fino a formar dense nebbie, e nuvoloni scuri: e coll' aggiunto *già si figurano in goccie*, non altro volea significare che il passaggio dallo stato di *vapor elastico* trasparente a quello di *vapor nebuloso*, il quale essendo un aggregato di vescichette d'acqua, gli manca più poco a confluire in goccie. Così è: il vapor vescicolare differisce assai più dal vapor elastico, che dall' acqua; giacchè quelle vescichette, o palloncini cavi son pur formati di una pellicola d'acqua, sono, si può dire, goccie vuote a differenza delle vere goccie, che sono piene: e però vi è tutta la ragione di credere che in cotal trasformazione dei vapori elastici in vescicolari si schiuda in massima parte quella dose eccedente di fluido elettrico, che i primi si aveano in virtù della loro straordinaria *capacità* appropriato; onde poi ne ribocchino i secondi, persa cotal capacità. Vi è, dico, tutta la ragione di credere, che tal vomito di fluido elettrico si compia nel trasformarsi che

fanno i vapori elastici in vapori vescicolari; sicchè nulla più rimauga, o almen poco da effondere, allorchè passano ulteriormente questi (condensandosi viepiù, e rompendosi le vescichette) a formar goccie piene. Di qui è, che la formazione della nebbia al basso, e di un grosso strato nuvoloso all' alto, accresce prodigiosamente l' *elettricità positiva* dell' atmosfera; e che la pioggia come pioggia, punto o poco l' accresce: essa la trasporta bensì più vicino a terra, facendo l' officio di conduttore, e in tal guisa la comunica ai nostri apparati atmosferici; ond' è che vi rinvigoriscono spesso grandemente i segni al sopravvenir delle pioggie. Dirò di più, che l' esperienza ne insegna, qualmente il cader delle pioggie, anzichè accrescere l' elettricità *positiva* dell' aria, tende a sminuirla e a indurvi l' elettricità *negativa*; la quale infatti prende piede, e domina in quasi tutte le pioggie. Come avvenga questo rovescio di elettricità non per la formazione della pioggia (che se non produce elettricità *positiva*, neppur dee produrne per se stessa di *negativa*) ma per effetto della sua caduta, avrò occasione di spiegare nelle seguenti lettere. Intanto il fin qui detto bastar potrà a sciogliere le obiezioni sopra recate del Signor De Luc.

Ne resterebbe solo un' altra, ed è la niuna elettricità prodotta artificialmente coll' evaporazione lenta, quando pure una tale evaporazione, rassomigliandosi dipiù a quella che si fa naturalmente all'aperto, dovrebbe, per poter inferirne che la mia teoria è giusta, produrre qualche elettricità. A que-

sto rispondo, che son persuaso che se ne produca; ma così poca, che non ha potuto ancora rendersi sensibile ne' piccoli nostri apparati, e nelle circostanze in cui ci troviamo per tali sperienze: e ciò massimamente perchè è troppo scarsa l'evaporazione, se non si ajuta con un sufficiente grado di calore. A buon conto dove prima io non otteneva segni elettrici che colla combustione, collo spruzzar acqua su' carboni accesi, o col far bollire fortemente l'acqua medesima; son giunto ora ad ottenerne di debolissimi, è vero, ma pur sensibili coll'acqua evaporante per un calore di molti gradi inferiore a quello dell'ebullizione, come ho già fatto osservare. Del resto non dobbiamo essere sorpresi, che manchino i segni di elettricità con una troppo lenta evaporazione, se spesso mancano pur anco con una forte e rapida. Dipende ciò da circostanze che non conosciamo ancora bene. Io mi lusingo però di averne scoperte alcune, quali favorevoli, e quali nocive a tal produzione dell'elettricità; e sono parte quelle che ho già spiegate, parte alcune altre facili a intendersi coi medesimi principj. Così per es. s'intende come e perchè un calor troppo intenso, sia del crogiuolo od altro recipiente in cui si spruzza l'acqua, per ridurla in vapori elastici, sia del braciere o fornello su cui si pone la caffettiera, od altro vaso per farla bollire, come, dico, un calor troppo intenso divenga pregiudicievole anzichè nò: la ragione è, ch'esso distrugge quasi intieramente l'*isolamento*, rendendo l'aria tutt'all'intorno *deferente*, ed eccita in essa una corrente,

che dissipa l'elettricità a misura che si eccita, come si è veduto parlando della combustione e della fiamma.

La grande quantità di vapori vescicolari nuoce essa pure un poco all'isolamento. Ecco perchè anche col far bollire fortemente l'acqua, e con tutte le altre circostanze favorevoli (di un vaso profondo ec.) essendo impossibile che i vapori elastici, che s'alzano in copia, vadano esenti da un miscuglio più o men grande di vapori vescicolari, non si ottiene mai un elettricità così forte come colla combustione de' carboni (moderata nel modo che ho sopra spiegato) la quale non esala che dei vapori della prima specie, dei vapori secchi e trasparenti.

Per conchiudere e ridurre in poco ciò che concerne l'origine dell' Elettricità Atmosferica, a me sembra di avere tutto il fondamento di credere; che siano non già i vapori nebulosi o vescicolari, ma sibbene i vapori elastici trasparenti, tanto acquosi che d'altra materia, che s'alzano da terra, quelli che spogliano essa terra; e successivamente gli strati dell'atmosfera per cui passano, di fluido elettrico, fino a che han soddisfatta la loro esigenza, si sono appropriata cioè tutta quella dose, che ricerca *la loro grande capacità*: che quegli altri vapori vescicolari, le nebbie ec. vengano al contrario, non altrimenti che la rugiada e le pioggie, a restituire agli strati inferiori dell'aria più impoveriti, e alla terra questo medesimo fluido; e a ricondurvi l'equilibrio: che in somma il passaggio

dei vapori dall'indole e forma elastica e quella di vescichette, oppur di goccie, li porti allo stato di elettricità *in più*, e viceversa.

Tuttociò mi pare ben provato. Or chi sa, che la ridondanza di fluido elettrico che risulta dalla trasmutazione dei vapori elastici in vescicolari, non sia una delle principali cagioni di cotal conformazione singolare? E non potrebbe questo fluido sovrabbondante concorrere ad accrescere la leggierezza specifica delle vescichette, gonfiandole, estendendone la pellicola? Non potrebbe il medesimo costituire in gran parte, se non in tutto, quel fluido sottile di cui son piene tali vescichette, o quell'atmosfera onde ciascuna va involta come da un velo (*a*)? Cosa sappiamo noi delle sue *affinità* e adesioni ai corpi estremamente piccoli? La sua grande fluidità, ed espansibilità già non osterebbero che potesse attaccarvisi, e rimaner aderente, come non ostano all'acqua e all'aria di rivestire di una pel-

(*a*) Quest'atmosfera involgente ciascuna vescichetta, onde son formate le nebbie e il fumo, ne viene, oltre altri indizj, manifestata da che difficilmente si adducono al contatto fra di loro, e cadendo sopra qualche corpo, e fin sull'acqua, or ne rimbalzano, or vi rotolano sopra senza mescervisi, or scosse da qualche soffio o da altro volan via di nuovo ec. Veggasi sopra di ciò l'eccellente Opera del Sig. de Saussure; *Essais sur l'Hygrometrie* 1783 *Essai III. Chap. II. des Vapeurs Vessiculaires* ec. §. 210, e seg., ove egli pure sospetta, che il fluido elettrico possa formare quell'atmosfera che veste tai palloncini, e ne impedisce il contatto immediato coll'acqua.

licola e di un velo diversi corpi. Se si riflette ai fenomeni dei tubi capillari, agli aghi d'acciajo ec. che galleggiano sull'acqua, mercè di una lamina d'aria che sta loro aderente; a dei pezzi di pietra, di metallo e d'altri corpi, che tuffati nell'acqua medesima si mostrano tutti tempestati di bolle d'aria a guisa di perle; se si considera che una goccia d'acqua o d'altro liquore, una bolla d'aria, non obbediscono tanto alle leggi idrostatiche e pneumatiche, quanto ad altre leggi, e ad altre forze contrassegnate col nome di forze mutue, attrazioni, affinità; si concepirà facilmente, che anche il fluido elettrico ridotto del pari a piccole molecole, e ad aggirarsi intorno a corpi estremamente piccoli, quali sono le nostre vescichette, può per avventura comportarsi diversamente da quando trovasi in istato d'aggregazione, e opera sopra masse più grandi; può modificare que' corpicciuoli, e venirne egli medesimo modificato, in maniera di produrre tutt'altri effetti che quelli conosciuti dell'elettricità, obbedendo meno alle leggi di questa, che alle *forze mutue*, il cui impero è sì grande ne' minimi corpi. È, dico, facile il concepire, che il fluido elettrico assoggettato a queste forze si comporti di tutt'altra maniera che l'ordinaria dei fenomeni elettrici, in cui agisce in vigore di pressione e di espansibilità; che operi allora di una maniera a noi per anco non ben conosciuta; non altrimenti che il flogisto, il fluido igneo, la luce, molto più analoghi ancora al fluido elettrico che l'aria od altro fluido, oltre il giuoco che hanno

nell'infiammazione e in altri fenomeni di questo genere, in cui campeggiano, dirò così, a faccia scoperta, producono diversi altri effetti meno appariscenti, ma non meno reali, mercè della loro aderenza e combinazione colle particole de' corpi, concorrono cioè a costituire le loro proprietà specifiche, a dar loro abito e forma diversa. Così è: il fluido igneo e il flogisto, indipendentemente dai fenomeni del calor sensibile e delle combustioni, modificano in molte altre guise i corpi a cui s'attaccano; cambiano singolarmente la loro aggregazione, rendendoli da solidi e fissi, liquidi, volatili, aeriformi. Or il fluido elettrico, quell'agente non men universale del fuoco e del flogisto, e che ha tanti altri rapposti coll'uno e coll'altro, vorrem dire che sia limitato alle sole funzioni dell'elettricità viva, movente, e che ne dà nell'occhio; e che per nulla intervenga a modificare sostanzialmente i corpi? E coll'occasione che ci si presenta egli da se, senza andar a cercarlo da lontano, opportunissimo come sembra per modellare i vapori vescicolari e dar loro le ali vestendoli d'un leggier velo; non ne terrem conto, non gli assegneremo almen per ipotesi tal impiego? Molti altri dobbiamo credere che egli ne compia nelle mani della Natura, che forse scopriremo un giorno quando meglio ci sarà nota la costituzione sì di questo, che di tanti altri fluidi sottili incoercibili. Ma lasciamo per ora tali speculazioni e congetture troppo vaghe: ci ritornerò forse in altra occasione con miglior corredo d'osservazioni.

Sono ec.

LETTERA SETTIMA (1)

Un viaggio nel Vallese, e al lago di Ginevra da me intrapreso sul principio di Settembre ha interrotto per più di un mese il seguito delle lettere promessevi, o mio Signore. Or che sono ripatriato e libero d' occupazioni per alcune settimane, che ancor mi restano di vacanza (*a*), con gran piacere ritorno in carriera, e prosieguo a farvi parte delle mie idee sulla Meteorologia elettrica, secondo che mi si vanno sviluppando in mente.

La principal cosa, di cui mi accade di parlarvi in questa lettera, si è una bellissima scoperta del Sig. Tralles di Amburgo, Professore di Fisica a Berna, col quale ho avuto occasione di far conoscenza non

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica, Vol. 9.° pag. 129.

(*a*) Sì la presente, che alcune delle seguenti lettere io le avea di già abbozzate prima di mettermi in viaggio; e avendomele recate meco, ne lessi de' lunghi squarci ai Sigg. De Saussure e Pictet nel soggiorno, che feci di vari giorni, a Ginevra. Al ritorno finii d' estenderle nel corso dell' Autunno, e pensando allora di pubblicarle insieme alle precedenti, sospesi di mandarle manoscritte al Sig. Lichtenberg, cui erano, similmente che quelle, dirette prevenendolo intanto di tal mia intenzione.

ha molto. Credo che la scoperta, di cui si tratta, vi sia a quest' ora già cognita: fors' anco vi fu nota prima che a me lo fosse; giacchè, sebbene pubblicata dal suo Autore fin dall' anno passato in un opuscolo tedesco di poche pagine (*a*), pur io non la riseppi che verso la metà dello scorso Agosto, nel qual tempo mi fu comunicata dal Sig. Tralles medesimo, che in occasione d' un suo giro venne a trovarmi a Como. Può darsi ad ogni modo, che non siavi per anco venuta a notizia nè la sopra indicata operetta volante, nè la scoperta grande che essa contiene. Checchè ne sia, stimo bene di quì riportarla, e di aggiungervi in conferma le mie proprie sperienze, prima di passare ad ulteriori riflessioni.

Il Sig. Tralles dunque trovandosi in un giro per le Alpi in faccia alla famosa cascata d' acqua vicino a Lanterbrunnen chiamata *Staubbach* (ruscello di polvere) venne nel sospetto, che l' acqua col solo sparpagliarsi nell' aria in quella guisa, potesse eccitare qualche elettricità: nè andò fallito il suo pensiero; giacchè presentando l' elettrometro atmosferico da tasca, anche senza la verghetta metallica, e munito soltanto del suo piccolo para-pioggia, presentandolo a quella spruzzaglia minutissima, oppur solo a quel velo che compariva di nebbia involgente, ne ottenne de' segni distintissimi più o meno vigorosi di elettricità *negativa*. La stessa prova gli

---

(*a*) Beytrag zur Lehre von der Elektrizitaet etc. von Johann Georg Tralles. Bern. 1786.

riuscì nell' altra superba cascata di *Reichenbach*, e in più altri tentativi, anzi sempre che potè fare l' esperienza sopra simili Cateratte, in cui la caduta fosse impetuosa, e tale che l' acqua ne venisse sottilmente divisa, e convertita in una spruzzaglia o pioggia minutissima qual polvere.

Dal momento che fui informato di questa bella scoperta, concepii un gran desiderio di ripeterne le prove, e ne ebbi tosto l' occasione nel viaggio, che, come già ho accennato, intrapresi ai primi di Settembre. Dirò dunque, che le sperienze mi riuscirono benissimo, non solo sopra grandi cascate d' acqua, ma ben anco sopra de' ruscelli, che cadendo tra scogli vi si rompeano, non solamente sopra a delle Cataratte propriamente dette, piombanti d' alto; ma sibbene sopra a de' gorghi d' acqua ribollenti, e volgenti le loro onde schiumose sotto i miei piedi: quivi pure io ottenea de' segni, postandomi col mio elettrometro in mano, sui bordi di un torrente rovinoso, laddove più lo vedea fremere e spumeggiare. Fu, come dissi, in occasione del mio ultimo viaggio a Ginevra, che feci un gran numero di queste sperienze. Passando per la montagna detta *Sempione* nel Vallese, e per tutto il corso della *Diveria*, che resta dalla parte d' Italia, non perdei alcuno degl' incontri favorevoli: tutte le volte, che mi si offriva una caduta d' acqua, grande o piccola che fosse (e sì che sono frequenti), io mi presentava ad essa l' elettroscopio alla mano, armato della sua verga metallica, e se occorreva, anche fornito del zolfanello acceso; mi ci presentava quando in

faccia, quando da un lato e in distanza più o men grande, talvolta anche, or per necessità, ed ora a bella posta, di quà dal torrente che correva in fondo della valle, sebben la cascata si facesse di là sul dorso della montagna opposta. Or basti il dire, ch'io ottenni quasi sempre dei segni di elettricità *negativa*: ne ottenni anche allora che la massa d'acqua cadente non era molto considerabile, allorchè non era che un ruscello, il quale rompendosi trai sassi nel cader d'alto, spruzzava delle goccioline, e s'involgeva in un velo di nebbia: ne ottenni dove non era più che un canaletto d'acqua grosso come un dito; di maniera che io non dubito punto, che non si possano avere de' segni elettrici anco dai getti artificiali d'acqua, da quelle fontane saglienti, che ornano i nostri giardini, ogni volta che esse siano tali da spandere intorno simile nebbia, e pioggia finissima.

Per ciò che è delle cadute d'acqua, che restano sotto a' piedi, di que' fondi in cui fan gorgo le onde spumanti dei torrenti, io non ho avuto alcun segno di elettricità fuori de' casi in cui il corpo d'acqua era assai grosso, e lo spumeggiare e il ribollire così forte, che gli zampilli che n' escivano dai fiotti formavano quella pioggia minutissima già descritta, e che in un colla spruzzaglia s' alzava una specie di fumo o nebbia fino al di sopra dell' elettroscopio, ch' io allor presentava allato di tal colonna nebulosa, tenendolo alcun poco inclinato (*a*).

(*a*) Debbo quì soggiungere che avendo ricorso ai soliti

Da tutto l' esposto fin quì si vede, che non v' è bisogno d' una cascata d' acqua cotanto grande e stupenda, come per nulla dire della cateratta del Reno vicino a Sciaffusa, sono quelle dello *Staubbach*, e del *Reichenbach* già nominate nel Bernese, e della *Pissevache* nel Vallese poco distante da Martigny; quantunque sia vero, che da tali superbe cascate si hanno de' segni incomparabilmente più forti, e ad una distanza molto più considerabile che dalle piccole cascate: accostandosi a quelle coll' elettroscopio in mano, i pendolini, siano semplici paglie, o siano fili d' argento con pallottoline di sovero, si aprono quanto mai possono, e giungono a toccare le pareti della boccetta, se essa non è molto larga. Inoltre codesta elettricità non è di semplice pressione, ma viene realmente infusa nell' elettroscopio, ancorchè sprovveduto della fiamma, e fino della verga acuminata: distruggete, mediante il toccar col dito il suo cappelletto, distruggetela cotal elettricità da lui acquistata; ritirato il dito, ecco che rinasce all' istante. Soffiava un vento assai forte allorquando (era il giorno 8 dell' ora scorso Settembre) io visitai l' ultima delle cascate soprannominate, cioè la *Pis-*

---

artificj, cioè del zolfanello acceso in cima alla verga metallica, della boccettina di Leyden, e del Condensatore descritti ampiamente nelle prime lettere, ho ottenuto segni sensibilissimi di elettricità, e sempre *negativa*, fin presentandomi in faccia e allato di una di quelle cateratte fatte ad arte alle nostre grosse roggie, o canali che chiamiamo *Chiuse* (*Ecluses*) e più volgarmente *travacche*.

sevache, che è la più stupenda di quante io m' abbia visto; il qual vento gettava contro la montagna la pioggierella fina, e il fumo o nebbia involgente. Ciò non ostante l' elettricità (*negativa* al solito) si facea sentire a più di 100 passi di lontananza, fin sul gran cammino, dove non arrivavano nè le gocciole, nè la nebbia, in modo almeno che fossero percettibili.

Eccovi, mio Signore, i fatti. Per ciò che riguarda la spiegazione io non dubito punto, e son persuaso che a voi pure non verrà in capo di dubitare, che l' elettricità di cui si tratta non sia un effetto dell' evaporazione; quantunque l' autore della scoperta inclinasse piuttosto ad attribuirla allo sfregamento che l' acqua rotta in minutissime goccie incontra coll' aria. Cercò egli di appoggiare codesta opinione nell' opuscolo sovraccitato; ma poscia abbandonolla, allorchè mi argomentai di dimostrargliela insostenibile: e fu in occasione delle lunghe conversazioni che ebbemo sopra questo soggetto, e sopra l' elettricità prodotta dall' evaporazione artificiale, dalla combustione ec., nella qual occasione gli mostrai alcune delle mie sperienze a ciò relative, di cui fu molto soddisfatto. Con queste, e colle opportune riflessioni mi fu facile di staccarlo dalla sua opinione, e convertirlo alla mia. Il Sig. Tralles convien dunque meco al presente sulla causa immediata di codesta elettricità: egli considera meco la gran massa d' acqua che cade, e si rompe, in un col volume delle goccie sparpagliate, e de' vapori nebulosi, che forma una cascata, considera, dico, tutto

questo volume insieme, questo gran nuvolo, com'io lo considero, per un ammasso soggetto ad una emanazione di vapori elastici trasparenti, che si slanciano fuori dal nuvolo medesimo, e si disciolgono nell'aria circondante più calda, e più secca: evaporazione prodigiosamente accelerata dalla grandissima divisione, e agitazione dell'acqua. Egli vede allora che in conseguenza di una tal evaporazione all'esterno, tutta questa colonna d'acqua insieme colla nube ond'è involta, debbe, secondo i miei principj da esso pure adottati, elettrizzarsi *in meno*, in quanto ella soffre la perdita di una buona dose di fluido elettrico, che s'appropriano i detti vapori elastici, e che diviene in essi *latente*, non altrimenti che succede alla materia del calore o fluido igneo, il qual diviene del pari *latente* nei vapori, e cagiona con ciò quel raffreddamento, che accompagna pur sempre una rapida evaporazione (*a*).

(*a*) In prova che il Sig. Tralles consente meco nella quì recata spiegazione, ed ha abbandonata affatto la sua prima idea, con cui voleva che l'elettricità delle cascate d'acqua nascesse dallo strofinamento delle goccie contro l'aria in cui si sparpagliano, recherò quì l'articolo d'una lettera da lui scrittami in data dei 2 Novembre 1788. » V'invio » la piccola Memoria sopra l'elettricità delle Cateratte di » cui ebbi già l'onore di parlarvi. Dopo quel tempo ho » fatto l'osservazione in molti luoghi e sempre ho tro- » vata elettricità, ed elettricità *negativa*. Ma io non sono » più contento della spiegazione che ne ho data in quella » Memoria, ed attribuisco al presente cotal elettricità a » quella causa che voi, Signore, avute il primo mostrato

Non posso trattenermi dal far osservare a proposito d' un' analogia, che colpisce tanto, tra il fluido elettrico, e il fluido calorifico (i quali fluidi ad ogni modo son ben lontano dal riguardare come identici; mentre ho l' elettrico per un *composto*, e per un essere semplice, per un *elemento* la materia del calore), non posso, dico, a meno di far osservare, che nel caso di cui si tratta, il freddo che sentesi ognora all' accostarsi di una cascata d' acqua, e che si estende a considerabile distanza, è troppo grande, per poterlo attribuire ad una semplice comunicazione del fresco proprio dell' acqua che cade; e che per conseguenza debb' essere un effetto dell' evaporazione stragrande che soffre quest' acqua medesima sbattuta dall' aria. Una prova la più sensibile e più bella all' istesso tempo del prodigioso raffred-

---

» essere una sorgente produttrice di elettricità, vuo' dire » dire all' *evaporazione*. Sono stato coll' elettrometro nel « mezzo del fiume *Aar* sopra a degli scogli discendendo » il *Grimsel*. Il fiume o torrente ivi si muove con gran » rapidità, e spumeggia molto. Ho potuto scoprire assai » bene che prima d' entrare nella polvere d' acqua (la » quale non è così agitata come nelle cateratte) l' elet» tricità non era che debole, ed audava crescendo a mi» sura che io m' immergeva nell' atmosfera acquosa; vi era » però un *maximum*; poichè quando giunsi ad essere » interamente involto nella medesima l' elettricità scom» parve. La stessa cosa mi successe sotto la volta di un » ponte. Per simil cagione verosimilmente non riuscì » l' esperienza, che facemmo insieme al Ponte *Pliniano* » colà sul vostro Lago di Como ».

damento, che può produrre l'acqua spruzzata nell'aria, mercè la pronta e copiosa sua evaporazione, ci viene somministrata da una macchina idraulica ingegnosissima, che trovasi nelle miniere di *Schemnitz*, e che porta il nome del suo inventore Hell fratello del celebre Astronomo di Vienna. Questa macchina (tralasciando quì la descrizione, e l'uso della medesima) presenta il seguente fenomeno in vero sorprendente, e degno quant'altro mai dell'attenzione de' Fisici. Girata una certa chiave, per cui schizza acqua ed aria a un tempo con grand' impetuosità, e si sparpaglia quella a meraviglia; e presentato di contro a cotale spruzzo un cappello, un fazzoletto, o simile, questo in breve si copre d'una crosta di ghiaccio grossa più d'una linea. Eppure l'acqua e l'aria rinchiusa nel recipiente non è molto fredda, anzi ha la temperatura di circa 10 gradi Reaumur giusta quanto riferì l'ex-Gesuita Poda vecchio Professore di Meccanica a Schemnitz al suo Consocio Herbert già Professore di Fisica a Vienna (*a*). Quale e quanta dunque debb'essere l'evaporazione di quel getto d'acqua, tramescolato d'aria; quale e quanto il freddo prodotto, se arriva a congelare tanto prontamente le gocciole d'acqua dianzi sì poco fredda! Or non voglio già che sia così grande a proporzione nelle cascate d'acqua: mi basta

(*a*) Veggasi un operetta stimabilissima di quest' ultimo = *R. P. Josephi* Herbert *e S. I. Dissertatio de Igne*. Vienneae MDCCLXXIII = nella nota pag. 54 e segg. ove trovasi pure la descrizione della Macchina.

solo che il raffreddamento sia anche quì molto considerabile, siccome l'evaporazione rapida e copiosa; perchè abbia a nascere altresì un'elettricità *negativa* assai forte, coerentemente alla mia teoria; e in una maniera analoga, cioè mediante l'inghiottimento che fanno i vapori elastici del fluido elettrico, non meno che del fluido calorifico, rendendo l'uno, e l'altro *latenti* nel senso che si è digià spiegato.

Se alcuno obiettasse, che la colonna d'acqua che cade parte in massa, parte in gocciole divise, essendo un corpo conduttore, potrà ricuperare di mano in mano a spese della terra, su cui batte, quella dose di fluido elettrico, che i detti vapori spiccati dal suo seno le involano; risponderei che è ben lungi, che tal colonna d'acqua cadente si rifaccia per intiero delle continue sue perdite. Convien considerare infatti, che l'acqua non è già un conduttore perfettissimo; che l'acqua e l'aria miste insieme in quell'ammasso nuvoloso, in quella nebbia o fumo, che formano il più gran volume della cascata, presentano un conduttore più imperfetto ancora, pel quale non può accorrere con sufficiente prontezza dal suolo tutta quell'immensa quantità di fluido elettrico, ch'esige la folla di vapori elastici, che formansi di continuo; dal che risulta un *deficit:* ed ecco l'elettricità *negativa*, che si osserva. Che se la massa nebulosa folta, e tutta l'aria intorno sparsa di goccioline e di vapori vescicolari più o men diradati non è un conduttore sufficiente; l'aria più esterna e rimota, ove quelle goccioline e la neb-

bia pure non giungono, e che non fa che ricevere e disciogliere i vapori elastici, lo è molto meno; ella è del tutto o quasi *isolante;* e ad ogni modo si spoglia essa pure di fluido elettrico, per fornirne a cotesti vapori trasparenti, a quali dà ricetto in parte, e in parte passaggio, la dose di cui hanno tuttavia bisogno, e che vi diviene *latente*. Di quì l'elettricità *negativa*, che si manifesta in distanza cotanto rimarcabile dalle cascate d'acqua, al di là dei termini a cui giunge o la nebbia o la pioggia fina, come ho già fatto rimarcare.

Si potrebbe anche credere, che non solamente i vapori elastici, ma sibbene i vapori vescicolari che tutta ingombrano la cascata, avessero la facoltà di contenere, ed esigessero per l'equilibrio, ossia per la rispettiva loro saturità una dose più abbondante di fluido elettrico, che l'acqua onde provengono; e che per conseguenza la formazione ancora di cotesti vapori bastasse a far nascere l'elettricità *negativa*, col rendere una quantità di fluido elettrico *latente*, nel senso digià spiegato, ed analogo a quello del *calor latente*: esser, dico, potrebbe, che cotesti vapori vescicolari avessero, egualmente che i vapori elastici, e solo con qualche minor proporzione, una *capacità specifica* più grande che l'acqua in istato liquido; giacchè poi il contrario ch'io tengo, cioè che non posseggano i vapori vescicolari maggior *capacità* di contenere il fluido elettrico dell'acqua stessa, che niuna *elettricità latente* loro competa, non è cosa assolutamente dimostrata. Se crediamo al Sig. de Saussure son

anzi i vapori vescicolari quelli, in cui entra e si nasconda il fluido elettrico, che poi si libera, secondo lui, e compare ridondante, allorchè si trasformano in vapori elastici, e si dissolvono nell'aria. Egli considera il fluido elettrico come un *ingrediente* de' detti vapori vescicolari, e in niun modo de' vapori elastici; e si fonda su alcune osservazioni dell' elettricità naturale, singolarmente sull' aumento, che suol prendere l' elettricità *positiva* dell' atmosfera al rassereuarsi del Cielo, e sull' affievolirsi e scomparire la medesima del tutto, o quasi nella più parte degli annuvolamenti (*a*). A queste osservazioni però, che nè anche si possono riguardare per molto costanti, e che non ci sarebbe difficile di spiegare inerendo a' nostri principj, se fosse quì il luogo, ne contrapponghiamo delle altre, quanto più certe e immancabili, altrettanto più chiare e dimostrative: e sono quelle della vigorosa elettricità *positiva*, che salta fuori dalle basse nebbie, massime al lor primo comparire, e dove si formino rapidamente; e dello svanire di tale elettricità al dileguarsi delle nebbie medesime. Or quì è pur visibile, che il fluido elettrico è spremuto fuori, a così dire, dai vapori elastici, allorchè condensandosi prendon la forma di nebulosi ossia vescicolari; ed è di nuovo assorbito ri-

(*a*) Veggasi il tante volte citato articolo. *Nouvelles Recherches sur l'Electricité Atmospherique* nel Vol. II. della sua Opera *Voyages dans les Alpes*, pag. 259 e segg.

tornando questi allo stato di vapori elastici invisibili: all'opposto di quel che pensa il Sig. de Saussure, che l'ingoino cioè e se l'approprino i vapori vescicolari; e gli elastici lo caccian fuori comparendo essi allora in un coll'aria che li tien disciolti, di tal fluido sopraccarichi.

Se a queste osservazioni sull'elettricità atmosferica aggiungansi le altre sull'elettricità prodotta dall'evaporazione artificiale, queste verranno tutte a deporre contro l'opinione, che attribuisce la facoltà di assorbire, ed appropriarsi il fluido elettrico ai vapori vescicolari anzichè agli elastici; e ad assicurare tal prerogativa a questi ultimi sopra i primi. Non è d'uopo, che di richiamarsi le sperienze e le osservazioni addotte nella precedente lettera: primieramente quelle, che fan vedere quanto si riesca facilmente ad elettrizzare *in meno* l'apparecchio isolato, sia colla combustione de' carboni, sia collo svolgimento di qualche *gas*, o finalmente coll'ebullizione dell'acqua, in una parola con tutti i processi, in cui succede evidentemente la produzione d'un fluido elastico. In secondo luogo le sperienze, in cui si riesce tanto meglio a produrre tal elettricità *negativa*, quanto meno di vapori vescicolari si mescolano ai vapori elastici; come accade allorchè l'acqua bolle fortemente, e le pareti del vaso son esse medesime assai riscaldate e sopravanzano l'acqua di molto; e meglio ancora si riesce allorchè sole emanazioni elastiche si producono senza alcuna mescolanza di vapori nebulosi, come nella combustione de' carboni senza

fumo. Finalmente i tentativi inutili, cioè l'elettricità nulla, o quasi nulla, ove tutti i vapori elastici, o la più gran parte si cambiano pressochè all'istante di lor formazione in vapori vescicolari, in nebbia o fumo, in contatto dell'apparato evaporante medesimo.

Rivolgendoci poi di nuovo all'analogia col fluido calorifico, il quale parimenti è assorbito e portato via dai vapori, onde il raffreddamento de' corpi evaporanti proporzionato alla quantità, e rapidità dell'evaporazione, sappiamo che sono i vapori elastici invisibili, non già i nebulosi ossia vescicolari, quelli che in grazia di una straordinaria *capacità* acquistata compiono tal funzione, rapiscono cioè una dose di detto fluido igneo, e appropriandoselo, e ingoiandolo in certo modo lo rendono *latente*. Questo calore così scomparso, ricompare di nuovo non solo ove si condensino e si disfaciano cotai vapori elastici in modo di figurarsi di nuovo in goccie; ma eziandio conformandosi in vapor fumoso, o vescicolare. Ne è una prova tra le altre il vapor bianco dello spirito fumante di sale, che manifesta un calore notabilmente superiore a quello del liquore da cui s'alza: anzi allorchè si svolge con effervescenza il gas acido-marino dal sal ammoniaco versandovi sopra acido di vetriolo, è noto da un pezzo ai Fisici, che generandosi freddo nella miscela, nasce un considerabile caldo nel vapore o gas sviluppato, laddove appunto si addensa in fumo, o in quella specie di nuvoletta bianca.

Or se in questo e in molti altri sperimenti è ma-

nifesto che i vapori, le emanazioni elastiche, che si formano, assorbiscono una gran dose di fluido igneo, e lo fanno per tal modo scomparire, e che poi lo spremono fuori, e fanno che compaja di nuovo al sol tramutarsi in vapori nebulosi; l'analogia ci guida a conchiudere lo stesso anche per il fluido elettrico; e sarebbe un rovesciarla affatto il credere, che una dose straordinaria se ne approprino anzi i vapori vescicolari, e si liberi poi e divenga ridondante ne' vapori elastici. Strano in vero sarebbe un tal fenomeno e non conciliabile coll'idee che ci siamo formate. Oltrediché non consente colle sperienze sull'elettricità prodotta artificialmente per mezzo dell'evaporazione e colle osservazioni più ovvie e parlanti sull'elettricità naturale delle nebbie ec., come abbiamo mostrato. Tutto dunque concorre a dinotarci, che i vapori elastici posseggono una molto maggiore *capacità* di contenere il fluido elettrico, siccome pur l'hanno rispetto alla materia del calore o fluido igneo, che non i vapori vescicolari; i quali forse non hanno una *capacità* maggiore dell'acqua stessa.

Dico *forse*, perchè ritornando al primiero proposito non è dimostrato, che sia realmente così, che la *capacità* cioè de' vapori vescicolari non ecceda punto quella dell'acqua; che anzi è più che possibile, che tali vapori partecipino, nello stato, dirò così, medio che tengono tra l'acqua liquida e i vapori elastici, della facoltà propria di questi ultimi di esigere e contenere maggior dose di fluido elettrico che l'acqua in massa. È possibile, ripeto,

che i vapori vescicolari o nebulosi tengano anch'essi qualche poco di questa proprietà dei vapori elastici invisibili. Tai vapori vescicolari in questa supposizione esigerebbero maggior dose di fluido elettrico che l'acqua in istato liquido, minore però assai che i vapori elastici: e con ciò l'analogia coi fenomeni del calore, sopra di cui abbiamo insistito, non verrebbe in alcun modo lesa, potendosi egualmente supporre, che gli stessi vapori vescicolari abbiano altresì un *calore specifico*, una capacità di contenere il fluido igneo media tra quella dei vapori elastici e quella dell'acqua, assai più vicina però a questa.

Nell'anzidetta supposizione, trattandosi solo di un poco di *capacità* di più, di cui godrebbero i vapori vescicolari sopra l'acqua in massa, non dovrebbe punto sorprenderci, che non si manifesti elettricità *negativa* abbastanza sensibile nelle evaporazioni di questa specie, cioè puramente nebulose, fuori dei casi in cui queste si facciano molto in grande, e ne sorga una quantità immensa di tai vapori vescicolari, siccome accade nelle cascate d'acqua ec.; nè sorprenderci dovrebbe che riesca nulla, o quasi nulla tal elettricità nelle nostre meschine esperienze con delle caffettiere e pentole d'acqua calda fumante; e sol si ottenga un buon effetto allorchè si porta l'acqua medesima ad una forte ebullizione, sì che produca in copia dei vapori elastici dotati di molto maggiore *capacità* dei vescicolari, per portar via il fluido elettrico, ed impoverirne l'apparecchio isolato.

Ecco tutto quello che si potrebbe attribuire ai vapori vescicolari quanto all' arricchirsi anch' essi di fluido elettrico a spese del corpo evaporante. E ciò pure non è che una supposizione gratuita, non anco appoggiata ad alcuna prova diretta. Il perchè son io determinato di attenermi per ora in tutto e per tutto alla spiegazione, che ho data sul bel principio del fenomeno rimarcabile scoperto dal Sig. Tralles; la quale attribuisce ai soli vapori elastici, che nascono all' esteriore della massa d' acqua cadente, e della nube o nebbia, onde essa è involta e che si spargono largamente e incessantemente nell' aria circondante che li dissolve, l' origine di quell' elettricità *negativa*, che vi si osserva.

Questa spiegazione ci conduce direttamente all' elettricità delle pioggie, ch' è quasi sempre *negativa*; e a quella delle nubi temporalesche, ch' è pur sovente tale, ad onta dell' elettricità sempre *positiva* delle nebbie e delle nubi semplici non temporalesche. Ma queste, siccome molte loro applicazioni a fenomeni della Meteorologia elettrica, formeranno il soggetto, d' una o più lettere, che mi propongo ancora di scrivervi.

Sono intanto ec.

ADDIZIONE

ALLA

LETTERA SETTIMA (1)



Diverse sperienze da me fatte nel corso dell' anno passato (1788) e nel principio del presente sull' elettricità originaria delle polveri, e delle raschiature di moltissimi corpi riputati comunemente non elettrici, e fino del ghiaccio, ed altre sopra l' elettricità che nasce dalle effervescenze, rendono necessaria questa addizione alla lettera precedente che fu scritta avanti tali sperienze, e nella quale non dubitai di dichiarare insostenibile affatto l' opinione del Sig. Tralles che ripeteva l' elettricità delle cadute d' acqua dallo strofinamento che questa soffre rompendosi nell' aria, e sparpagliandosi in minutissime goccie. Si è veduto come egli medesimo infine ripudiò questa sua opinione, e soscrisse alla mia, che riguarda cotal elettricità per un effetto

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica, Vol. 10.° pag. 39.

dell' evaporazione, cui soggiace la massa d'acqua cadente.

Dacchè nè coll' aggirare rapidissimamente con una lunga corda di seta una palla metallica, od altro conduttore, entro all'aria anche la più asciutta; nè collo spingere per mezzo di un forte mantice l'aria stessa contro qualsivoglia *conduttore*, si è potuto mai ottenere il minimo segno di elettricità (riuscito essendo appena di eccitarne de' debolissimi, con tal impulso e sfregamento dell'aria, nelle resine, ed altri corpi *idioelettrici*; e allor solo che tanto essi, quanto l'aria erano ben secchi); qual mai elettricità, io dicea, aspettarci potremo dallo stropicciamento dell' acqua spruzzata semplicemente nell'aria, e sì in un' aria umida all'estremo? Non è altronde l'umido nemico mortale dell' elettricità per istrofinamento? Queste soprattutto erano le obbiezioni ch'io facea al Sig. Tralles, e con cui mi riuscì di convertirlo. Or che direbbesi, se in oggi venissi io stesso a temperare quella troppo decisa sentenza, e affermassi non essere poi siffatta opinione del Professore di Berna del tutto insostenibile? No: tale non ardirei più di qualificarla, dopochè molte nuove e curiose sperienze mi hanno insegnato, che diversi corpi, anzi quasi tutti quelli, che strofinati in massa un coll' altro, o contro l'aria, ricusano d' elettrizzarsi; ridotti poi in minuzzoli, o in polvere, e in tale stato soffregati, ed anche solo lanciati con impeto nell' aria, dan segni non equivoci di concepita elettricità. Sono note le sperienze del Sig. Tiberio

Cavallo registrate nelle Transazioni Anglicane (*a*), colle quali lasciando cadere da un cucchiajo asciutto di vetro, di metallo, d' avorio ec., poca resina spolverizzata sopra un piatto metallico isolato, da quel leggiero strisciare e strofinarsi contro il cucchiaio acquistava essa polvere resinosa tale e tanta elettricità, da far dare al piatto, sopra cui raccoglievasi, vivace scintilla (*b*). Questa sperienza va-

(*a*) A. 1780. Vol. LXX. pag. 15.

(*b*) Nel Tomo XII. Part. II. degli *Opuscoli Scelti* di Milano 1789. pag. 141, trovasi una Memoria in ristretto del Sig. Hagren *sulle fulgurazioni di alcuni fiori* tradotta dallo Svezzese. L' Autore ha osservato ne' giorni più caldi ed asciutti dell' estate, poco dopo la caduta del sole, sopra certi fiori alcuni lampeggiamenti, ch' egli sospetta avere *qualche cosa d' elettrico*, e tiene che siano connessi coll' eiaculazione del polline delle antere, ossia polvere fecondante. Se quest' ultimo è, non v' ha neppur luogo di dubitar del primo, cioè che la luce comparsa non sia luce elettrica. Però (intendiamoci bene) l' elettricità non vuol già dirsi causa di quell' esplosione, bensì effetto della medesima. Non resta dico, più luogo a dubbio, or che note sono l' esperienze con cui le polveri resinose ed altre più o meno idioelettriche, spruzzate fuor da un soffietto con mediocre impeto, o scosse solo da un polverino, da un cucchiaio forato o simile, ne vengono ad un alto segno elettrizzate, massime se ed esse, ed il soffietto o polverino siansi previamente ben bene asciugati, e mantengansi caldetti. Or se queste favorevoli disposizioni dell' asciugamento cioè, e di un dolce calore accompagnino lo scoppio del polline dell' antere e questo scoppio lanci detta polvere fecondante con maggior impeto, e le faccia soffrire

riata in più modi, ed estesa ad altre polveri e limature d'ogni genere, da me, dal Sig. Bennet (*a*) e da altri, ci ha fatto vedere, che tutti quanti i corpi, anche quelli che passano per buoni conduttori, eccetto solamente i metalli, conduttori veramente perfetti; che tutti, dico, i corpi, fatti in briciolí o in polvere, ove si facciano passare per uno staccio o crivello, e sia pure di metallo, sicchè abbiano a strofinarsi bene, ovvero si caccin fuori con veemenza da un soffietto, concepiscono tostamente, chi più chi meno, qualche elettricità. Basti il dire che ne concepiscono, non che le farine, la cenere, la calce e il gesso stritolati, la polvere delle strade e quella delle vesti, l'arena; ma fin le sabbie metalliche, le ferruginose cioè o piritose, stacciandole o soffiandole, come s'è detto, ovvero scuotendole da un polverino anch'esso metallico; e per ultimo i tritumi e la pol-

più vivo sfregamento che non fa il polverino o soffietto alla nostra resina stritolata; e se finalmente tal polvere dell'antere sia anche essa idioelettrica al par delle resine o poco meno, di natura cioè ad elettrizzarsi facilmente per istropicciamento, come lo è quella infiammabilissima di Licopodio e d'altri fiori; si concepisce che l'elettricità eccitatavi per l'anzidetto scoppio e spruzzo impetuoso può giugnere sino a produrne de' lampeggiamenti. Non son contento però fin tanto che io non riesca a produrne colle polveri di resina o di zolfo, trattate ne' modi sopra indicati, la qual cosa non credo difficile.

(*a*) V. Adams *Essay on Electricity* 1787, *Supplement*.

vere di carbone, che è, come si sa, dopo i metalli il miglior conduttore.

Per quelle materie, che si possono avere in massa, riesce assai meglio l'esperienza alla mia maniera, che è di limare il corpo, o raschiarlo con coltello od altro, e le raschiature che cadono riceverle immediatamente nel piatto isolato. Con questo mezzo, lasciando da parte il solfo, le resine ec. ottimi idioelettrici, e che perciò si elettrizzano benissimo anche stropicciandoli al consueto modo in massa, e parlando solamente degli altri corpi che alla solita maniera, siccome men buoni idioelettrici, si elettrizzano difficilmente e poco, quali sono la cera, il sego, il cioccolatte, la canfora e simili; dirò, che ottengo delle scintille, tosto che ho lasciato cadere poche raschiature di cotesti corpi sul piatto metallico isolato; e che ne ottengo pur anco, o se non scintille, de' segni elettrici abbastanza marcati, trattando in simil modo altri corpi riconosciuti più per conduttori, che per idioelettrici, cioè legni ed ossi mediocremente secchi, allume, gesso cristallizzato, zucchero ed altri sali, marmo e diverse altre pietre, mattoni e calcinaccio secco, crosta di pane, biscotti ec. Questi ed altri corpi, che strofinati in massa appena è che concepiscano qualche debolissima elettricità, e che per lopiù non danno il minimo segno, questi, dico, raschiati e raccolte le loro raschiature, come si è indicato, in copia sufficiente sul piatto isolato, vi recano un'elettricità più che sensibile; quale elettricità manifestano essi stessi

i frammenti o polveri, ripellendosi visibilmente, e sparpagliandosi in quella che cadono. Ma ciò che dee recar più maraviglia è che fino il carbone, altronde così buon conduttore, che poco la cede ai metalli, o almeno è il primo dopo di essi, limandolo con coltello produca piccola sì, ma pur sensibile elettricità, talchè il piatto raccoglitore delle sue rasure non ne ha ancor coperto tutto il fondo, che muove l'elettrometro a pagliette di più gradi.

Tutte le addotte sperienze e massime l'ultima del carbone, provano quanto questa foggia di attrito, ossia abrasione, prevalga all'altra consueta foggia di semplice stropicciamento, nell'eccitare originariamente l'elettricità; giacchè cotal abrasione fa dare de' segni fortissimi a tanti corpi, che altrimenti non ne darebbero; e come non rifiutano per tal mezzo di elettrizzarsi gl'istessi conduttori passabilmente buoni, contro ciò che si era creduto; come infine non sono che gli ottimi conduttori, i veramente perfetti, cioè i metalli, che eccitar non si possono. Basta dunque una qualche imperfezione nella forza di condurre, quale imperfezione si trova fin nei carboni, perchè possa mediante un convenevole attrito eccitarvisi l'elettricità. Or simile, ed anzi maggiore imperfezione di conducibilità non ha anche l'acqua e più ancora i vapori di essa? Perchè dunque vorrà dirsi impossibile l'elettrizzamento per confricazione delle goccie minutissime, in cui si divide essa e si rompe sferzata dall'aria che attraversa con impeto, o, se non delle goccie piene, de' suoi vapori vescicolari men *deferenti*

ancora? Il Sig. Bennet (*a*) ha avuto segni con quel suo elettroscopio delicatissimo a fogliette d'oro, e noi pure ne abbiamo avuto col nostro a pagliette; da una nube di polve di cipro che ingombrava una stanza e dal polverìo alzato sopra una strada dall'unghie de' cavalli: e non se ne potrà avere da una cateratta formante una simil nube e una pioggia minuta al par della polvere e più di essa commossa nell'aria? Nè serve il dire, che l'acqua è un troppo buon conduttore. Certo non lo è più del carbone, la cui polvere spinta fuori con impeto da un soffietto pur si elettrizza.

Ma più di tutto questo fanno al proposito le sperienze, che io ho instituite sopra il ghiaccio, cui son riuscito ad elettrizzare benissimo coll'abrasione, ancorchè fosse buon conduttore, atto a scaricare istantaneamente la boccia di Leyden e a trasmettere quindi la *commozione* tanto come l'acqua, o poco meno. Nè ciò mi fece maraviglia, dacchè mi era riuscita l'esperienza col carbone, ch'è del ghiaccio migliore conduttore. Solamente fui sorpreso che l'elettricità eccitata nelle raschiature del ghiaccio riuscisse cotanto grande, poco o nulla cioè inferiore a quella delle raschiature di cioccolata e di ceralacca. La cosa va a tal segno, che non è ancor coperto per metà il fondo del piatto metallico isolato delle briciole di ghiaccio che vi cadono, che tal piatto si trova già elettrizzato al gra-

(*a*) V. Adams loc. cit.

do di scoccare viva scintilla contro il dito, che gli si accosti. Molto più ancora fui sorpreso allorchè vidi ciò operarsi non solo dal ghiaccio freddissimo, cioè a 6, 8, 10 gradi sotto il zero di Reaumur (al qual termine comincia a non essere più buon conduttore della *commozione;* ancorchè disti molto ancora dal potersi dire vero *coibente*, e non lo sia che verso i gr. -- 20, come ha trovato il Sig. Achard (*a*)); ma e da quello già vicino a sgelare, e dal ghiaccio attualmente fondentesi, ed esposto ad una temperatura di 10, 15, 18 gradi sopra la congelazione. Così è: tenendo in mano un grosso pezzo di ghiaccio, che trasportato in una stanza riscaldata dalla stufa sgocciolava da tuttti i lati, e raschiandolo colla lama di un coltello, appena veniva questa, via spazzatone il velo d'acqua che ricopriva il ghiaccio, a portare sul vivo e ad intaccare il nucleo solido, che il piatto metallico, il qual ne ricevea i minuzzoli abrasi e cadenti, dava segni di elettricità, e presto anche la scintilla. Questa elettricità delle raschiature di ghiaccio (per dirlo quì di passaggio) l'ho trovata sempre *positiva*; laddove quella delle rasure d'altri corpi riesce *positiva*, o *negativa*, secondo la specie di essi corpi, e secondo varie circostanze, che è difficile di ben determinare.

Non contento della prova di raschiare de' pezzi solidi di ghiaccio, ho voluto far anche l'altra di soffiare fuori da un manticetto, mantenuto freddo

(*a*) Journ. de Phys. 1776. Nov.

quanto conveniva, del ghiaccio spolverizzato e della neve asciutta qual farina (per le quali sperienze porsemi ogni opportunità il freddo acutissimo dello scorso inverno); e con questo mezzo pure ottenni segni ben distinti di elettricità. Le molecole del ghiaccio si elettrizzavano senza dubbio pello stropicciarsi che faceano contro il cannello del soffietto, non altrimenti che accade colle altre polveri, colla cenere, colle farine, colla calce o gesso macinato, colla polve scossa dagli abiti cc., le quali messe in un soffietto, e spinte fuori con impeto, diventano, per lo sfregamento loro contro il cannello, elettrizzate. Ma io non dubito punto, che in quella guisa, che molte di queste polveri, e forse tutte, si elettrizzano eziandio col solo strofinarsi contro l'aria in cui s'alzano scosse con qualche violenza, ed entro a cui s'avvolgono tumultuariamente, come già si è veduto dei nuvoli di polvere sulle strade; così pure avverrebbe di elettrizzarsi alla neve e al ghiaccio fatto in polvere, pel solo venir lanciati con impeto nell'aria, e avvolgersi con moto turbinoso in seno ad essa: e son persuaso, che un tal fenomeno abbia luogo realmente in certi nembi di neve sommamente agitata e sferzata da' venti; vuo' dire, che venga per questo mezzo ad acquistare un nuovo giuoco l'elettricità.

Ritornando ora all'acqua in istato liquido, e allo strofinamento delle sue minutissime goccie e dei suoi vapori vescicolari contro l'aria, non dovrà sembrare più cotanto strano, dopo le addotte sperienze sulle raschiature e polveri di tanti corpi rico-

nosciuti più per *conduttori* che per *coibenti*, e perciò tenuti comunemente per *anelettrici*, le quali polveri e raschiature pur si elettrizzano assai bene col venire strofinate; e dopo le prove singolarmente sopra il ghiaccio e la neve in polvere; non dovrà, dico, sembrare ormai più strano, che quelle goccie finissime, emule in certo modo della polvere, e quei vapori che si slanciano dal seno delle grandi cascate d'acqua, fendendo l'aria e strofinandovisi vivamente, ne sortano, non altrimenti che dette polveri e raschiature, in virtù di cotale stropicciamento, elettrizzate. No: questa non è, come potè sembrare a prima giunta, un'idea stravagante; nè, secondo mi son già espresso al principio di questa aggiunta, ardirei più di pronunciarla insostenibile affatto: sebbene ella abbia contro di se le seguenti osservazioni, che la rendono per lo meno molto improbabile.

E primieramente addurrò l'esperienze colla neve e col ghiaccio stesso spolverizzati, nelle quali osservai, che se non eran ben secchi, se cominciavano appena a fondersi, per quanto gli spignessi con impeto fuori del manticetto, non mi diedero mai il minimo segno di elettricità. Or questo è una prova di fatto, che solamente in istato solido e talmente solido che non l'involga alcun velo liquido, può l'acqua, strofinandosi con checchesia, divenire elettrica. Nè a ciò contraddice l'esperienza più sopra recata, in cui raschiando con coltello un pezzo di ghiaccio tutto grondante d'acqua, le raschiature che ne provenivano mostraronsi elettriche;

giacchè appunto le prime raschiature bagnate non davan segno alcuno; e soltanto allorchè spazzata via dalla superficie del ghiaccio l'acqua, e intaccato questo sul vivo se ne spiccavano delle briciole secche, allora soltanto compariva l'elettricità in esse, e nel piatto isolato che le raccoglieva.

In generale lo stato di liquidità è sommamente contrario a ciò che un corpo si elettrizzi per istropicciamento; siccome pure è sfavorevole qualunque consistenza semifluida. Così gli olj, la pece liquida, i grassi non concreti, sebben siano più *coibenti* che *conduttori*, pure agitati, sbattuti, percossi comecchesia, e da qualunque corpo punto non si elettrizzano. Che più? Un sottile strato d'olio, o d'altro liquore, un leggier velo d'acqua, che ricopra una lastra di vetro, di solfo ec. le toglie di elettrizzarsi per istropicciamento, come infatti non si elettrizza punto finchè non sia resa asciutta. In somma voglion essere, perchè ne sorga elettricità, le superficie d'ambi i corpi strofinantisi, e solide e secche. Uno de'due corpi, è vero, può anche essere non solido, può essere cioè l'aria, la quale spinta con impeto, mediante es. gr. un forte mantice, contro la faccia di una resina lucida e monda, o di un vetro terso, e asciuttissimo, viene ad eccitarvi qualche debole elettricità; ma dee pure essa aria trovarsi secca: in caso contrario l'esperienza non riesce. Or se tanto nuoce l'umido dell'aria, e un semplice appannamento de'corpi strofinantisi, che manca perciò di eccitarsi l'elettricità fin nei

migliori idioelettrici; come mai aspettarci potremo che essa nasca dallo stropicciamento delle goccie dell' acqua medesima, o di quella pellicola d'acqua onde son formati i vapori vescicolari, contro l'aria resa già umidissima?

Nè solo nuoce a segno di estinguere ogni elettricità originaria, d'impedire cioè che essa nasca per istropicciamento, l' acqua in istato di aggregazione, l'acqua che o fluisca o ricopra d'un liquido velo la superficie de' corpi stropicciantisi; ma ben anche quella, che umetta l'interiore lor sostanza, l'acqua imbevuta da' corpi spugnosi, e sì nascosta che non appare. Un mattone non ben secco, un legno poco stagionato, un osso alquanto succoso, raschiati alla mia maniera, danno ben scarsi segni di elettricità; sebbene siano cattivi conduttori, poco o nulla atti a trasmettere la *commozione* quando fan parte dell' *arco scaricatore*, e però più coibenti assai del carbone e del ghiaccio; i quali ultimi la trasmettono benissimo, come s'è già veduto, e nondimeno soffrono, col raschiarli, di elettrizzarsi; e sì il ghiaccio a segno di far dare scintille al piatto isolato, che raccoglie le sue briciole nell'atto che raschiate gli piovono in seno. Un legno verde poi si raschi, si limi come si vuole, e ne piovan le limature in qual copia si vuole sul piatto isolato, non sarà mai che questo venga portato a dare il minimo segno di elettricità; non già perchè tal legno verde sia troppo *deferente*, essendolo ancora meno del ghiaccio e del carbone, che pur non

ricusano per tal mezzo di elettrizzarsi; ma perchè asconde in seno tropp' acqua, nemica a siffatto eccitamento dell' elettricità.

Son dunque egualmente notabili, e la virtù del ghiaccio di elettrizzarsi esso medesimo per istropicciamento, cioè con un' attrito che giunga all'abrasione; e quella dell' acqua d' impedire in qualsivoglia corpo, ov' ella s' insinui, l' eccitamento dell' elettricità pegl' istessi mezzi dello stropicciamento e dell' abrasione. Ma che diremo dell' altro stato della medesima acqua, sì diverso dai due sotto cui l' abbiamo esaminata, che è quello di *vapore elastico?* Che diremo di questo vapore in certo modo aeriforme e secco? Che possa, o no elettrizzarsi per istropicciamento? E se sì: collo stropicciarsi soltanto contro a' corpi solidi; oppur anche contro l' aria?

Troppo ardito invero sarebbe il negare assolutamente la possibilità di queste supposizioni, quand' anche fosser destituite d' ogni verisimiglianza, e lontane da qualunque analogia; la qual cosa non è: che anzi, se non vi hanno fatti dimostrativi, non mancano però delle buone congetture fondate sopra esperienze, che indur potrebbero ad ascrivere appunto allo strofinamento, che incontrano i vapori elastici, l' elettricità, che per l' evaporazione medesima si produce; e sono quelle stesse sperienze riportate nella lettera precedente con tutte le loro particolarità, e col ragguaglio delle circostanze che più favoriscono cotal eccitamento dell' elettricità per opera dell' evaporazione artificiale. Si

comprende in tal supposizione perchè il lento abbruciar de' carboni in un fornello elettrizzi questo, in un col resto dell' apparecchio isolato, più bene che qualsivoglia evaporazione d' acqua, di spirito di vino, o d' altro liquore: egli è, che i vapori secchi che tramanda il carbone bruciando, le sue emanazioni elastiche, vengono a strofinarsi vigorosamente contro l' aria parimenti secca, in cui si sollevano con rapidità; laddove i vapori elastici ma non permanenti dell' acqua ec., si strofinano essi pure, ma già in parte disfatti, ma entro un' aria resa da essi molto umida. Si comprende come, volendosi pur ottenere elettricità coll' evaporazione dell' acqua, se ne ricerchi a un buon riuscimento l' ebullizione: dessa allora tramanda gran copia di vapori elastici, e li scaglia con impeto; all' incontro mancando l' ebullizione, comecchè abbondi il fumo, sono scarsi i vapori propriamente elastici, e sorgono meno impetuosi, onde men vigoroso succede di essi lo sfregamento, e in un' aria strabocchevolmente umida. Si comprende perchè vi voglian alte le pareti del vaso, in cui bolle l' acqua, e ristrette anzichè nò; siccome pure quelle del fornello, in cui sfumano ardendo i carboni: a proporzione che tali pareti sono più alte e il vaso ristretto, cresce lo strofinamento contro di quelle de' vapori che salgono. Perchè finalmente giovi cotanto l' introdurre a' carboni nel fornello una picciola corrente d' aria per di sotto (picciola, dico, acciò non si ecciti combustione troppo viva, dovendo questa essere per le ragioni ivi spiegate assai moderata): questa

corrente promove, accelera, e regola in certo modo l'anzidetto strofinamento de' vapori contro le pareti.

Ecco come si spiegano in una maniera facile e piana tutti quegli accidenti e quelle circostanze che favoriscono l' eccitamento dell' elettricità per opera, sia della combustione, sia dell' evaporazione forzosa dell' acqua, sia dello svolgimento dei *gas*, nel supposto che s' ecciti cotal elettricità in virtù dello strofinamento, che incontrano all' atto di staccarsi dalla massa evaporante, e più ancora appresso nel salire, quelle emanazioni elastiche. Convengo di buon grado, che il tutto fin qui si spiega con eguale facilità, ed anche maggiore, che nell' altra mia supposizione, con cui stabilii, che in tali emanazioni elastiche risulti, appunto per cotesta loro novella forma, maggior *capacità* di contenere il fluido elettrico; e quindi ne nasca una naturale esigenza, per soddisfare alla quale rapiscano a' corpi medesimi onde si spiccano, a quelli che incontran salendo, e all' aria medesima che attraversano, una dose di fluido elettrico; cui vadano poi dismettendo a misura ch' esse emanazioni elastiche, essi vapori si condensano ec.

Tale idea, che mi si presentò la prima, suggeritami dall' analogia della materia calorifica, o fluido igneo, di cui parimenti si arricchiscono i vapori elastici a spese de' corpi evaporanti, tale ipotesi, dico, tutta mia, che esposi brevemente in un colle più ovvie applicazioni (*a*), quando prima pubbli-

(*a*) Nel più volte citato Supplemento alla Memoria sul Condensatore.

cai le sperienze, con cui mi era riuscito di far nascere elettricità colla sola evaporazione, combustione ec., ipotesi, cui ebbi la compiacenza di vedere adottata dai primi Fisici, e che ho seguita in tutto il corso di queste lettere, non ho difficoltà di confessare, che sarei ora quasi per abbandonarla io stesso, e per abbracciare l'altra sovra esposta, che ripete semplicemente dallo strofinamento dei vapori elastici l'elettricità di cui si tratta; se osservazioni d'altro genere non rendessero sommamente improbabile quest'ultima opinione; e quella mia prima, oltre la bella analogia col calore già indicata, non comparisse eziandio più feconda di belle applicazioni, e consentanea ai fenomeni meteorologici; ond'è, che, tutto ben considerato, persisto a darle la preferenza.

Per cominciare dalle osservazioni che fanno contro al preteso elettrizzamento de' vapori per confricazione, dirò, che non si sa intendere come nelle nostre sperienze l'apparato evaporante isolato abbia sempre ad elettrizzarsi *in meno*, di qualunque materia esso sia, e di qualsivoglia specie il corpo impostovi che sfuma in vapori. E perchè ha da toccare sempre ai vapori di elettrizzarsi *in più;* ne ha mai da variare l'elettricità, variando lo stropicciamento? Non accade già così colle raschiature, le quali sortono elettrizzate dallo stropicciamento *in più* o *in meno*, secondo che son esse varie di specie, e varj i corpi contro cui si strofinano o da cui si spiccano; e sogliono anche per delle circostanze talvolta impercettibili cangiare

dal *positivo* al *negativo*. Or come va, che tutti i vapori, per quanto diversi essi sieno, quelli cioè dell'acqua, dello spirito di vino, dell'etere, degli olj, le emanazioni del carbone che brucia ec., come va, dico, che tutti questi vapori sian sempre quelli, che in virtù dello stropicciamento debbano contrarre l'elettricità *di eccesso*, obbligando ad elettrizzarsi costantemente *per difetto*, ferro, e rame, e argento, e porcellana, e vetro, e legno, e carbone, e acqua, e aria, quanti in somma son corpi, da cui si staccano, e contro cui si soffregano detti vapori nel sollevarsi in alto? Come non succede mai il contrario, di elettrizzarsi cioè tali o tali altri vapori *in meno*, e tale o tal altro corpo, contro cui si stropicciano *in più?*

L'unico caso del ferro e del rame, che tocchi dall'acqua allorchè sono roventi si elettrizzano *in più*, non toglie la difficoltà: è questo un caso particolare, un fenomeno complicato, il qual riceve più d'una spiegazione, come ho fatto osservare nella lettera precedente; e che lascia sussistere in tutta la sua universalità il fatto primario, cioè che ogni e qualunque evaporazione per se stessa porta via del fluido elettrico all'apparato evaporante. Or, ripiglio, che ciò non potrebbe aver luogo per tutti quanti i vapori, e per tutti quanti i corpi con cui vengono a strofinarsi, se tale strofinamento appunto fosse la causa prossima dell'elettricità, che nasce dall'evaporazione. E non dovrebbero i vapori oleosi almeno, strofinandosi contro le pareti de' vasi di terra, e meglio ancora di vetro, elettrizzar questi

per eccesso, e rimaner essi elettrizzati *per difetto*, conformemente all' indole nativa degli uni e degli altri, per cui i vetri affettano l'elettricità *positiva*, e le resine e i grassi la *negativa?* Ma anche tra gli altri vapori non oleosi ve ne dovrebbero avere che elettrizzassero *in più* alcuno dei corpi, da cui si svolgono, o contro cui strisciando si strofinano, se vero fosse che non da altro, che da cotale strofinamento nascesse l' elettricità di cui si tratta.

Ma il fatto sta che il corpo qualunque sia, da cui si spiccano i vapori, o contro cui si strofinano, si mostra sempre elettrizzato *in meno*. Ciò invero non si concilia troppo bene con quello, che ne insegna l' esperienza circa l' elettricità prodotta dallo stropicciamento, la quale varia secondo la natura dei corpi che si cimentano, e secondo altre circostanze; molto più poi ne' corpi minutissimi, ne' tritumi e nelle polveri. Io ho trovato nelle numerose mie sperienze variabilissimi i resultati non solo con diverse polveri e raschiature strofinate contro un dato corpo, ma talvolta coll' istessa polvere, coll' istesse briciole cimentate coll' istesso corpo, e per quanto pareva nel modo medesimo, talvolta con non altra differenza che del raschiare più o men forte, o spingerle fuori del soffietto con più o meno di violenza. Immaginate poi cambiando e polvere, e corpo fregante, e foggia d' attrito, se era possibile il predire con certezza quale dell' elettricità *positiva* o *negativa* sarebbe toccata alla polvere o raschiatura: appena mi riusciva d' indovinare colle polveri di resina, di cera e d' altri corpi che affettano deci-

samente l'elettricità *negativa*. Or come persuadersi, che i vapori elastici di qualsisia sostanza, strofinandosi con ogni genere di corpi, non abbiano a concepire mai altra elettricità che la *positiva?* Se però il fatto è costante, che cotai vapori si arricchiscono mai sempre di fluido elettrico a spese de' corpi da cui si sollevano, e che lambiscono, dirò così, nel salire, ond' è che l' apparato evaporante rimane pur sempre impoverito, cioè elettrizzato *in meno;* creder conviene che ciò succeda per tutt' altra cagione, che per l' allegato stropicciamento; per una cagione che tiene immediatamente alla produzione dei vapori. E qual mai esser può questa cagione, se non una naturale intrinseca esigenza nata in essi vapori elastici, in quanto per cotal nuova forma assunta hanno acquistata una maggiore *capacità* di contenere il fluido elettrico, del pari che il fluido calorifico? O dunque lo strofinamento de' vapori non fa nulla all' eccitamento dell' elettricità di cui si tratta; o pochissimo: tanto poco che non giugne mai, qualunque esso sia, a far sì che l' apparato evaporante dia segni di elettricità *in più*.

Ho parlato fin quì de' vapori elastici, ma non permanentemente, ed ho provato colle sperienze tanto mie che altrui, moltiplicate e variate in più modi, che sempre cotesti vapori, sian acquei, siano spiritosi, siano oleosi, portan via del fluido elettrico all' apparecchio isolato, cioè al vaso che contiene la materia evaporante, e dà a cotai vapori passaggio: ciò che, per ripeterlo ancor una volta, accader non dovrebbe con tanta costanza, se tale elettricità na-

scesse veramente da stropicciamento; parendo che alcuni di quei vapori, gli spiritosi e. g. o gli oleosi almeno, dovessero, conformemente all'indole di tali sostanze, in virtù dello strofinamento deporre anzi del loro proprio fluido elettrico, ed elettrizzare *per eccesso*, se non i vasi metallici, quelli di terra, e massime di vetro. Or convien dire qualche cosa eziandio dei vapori elastici permanenti, delle così dette arie fattizie o *gas*. Questi dunque verranno anch' essi all' appoggio e conferma della mia opinione, se l' esperienza ci farà vedere che tutti e sempre, e in ogni caso portino un' elettricità *negativa* nel vaso isolato, in cui succede l' effervescenza, onde son generati. Certo se la cosa procede così, qualunque sia il *gas* che si svolge, qualunque il miscuglio effervescente, qualunque infine la materia del vaso, egli si renderà sommamente probabile, per non dire di più, che alla produzione stessa di tai fluidi elastici, alla straordinaria capacità di essi, non già allo stropicciamento variabile e incostante che incontrano, sia dovuto il costante immancabile assorbimento, che fanno tutti quanti del fluido elettrico. E quì pure ci assisterà l' analogia coll' elemento del calore o fluido igneo, il quale, come dai vapori, così ancora vien rapito dai *gas*; e occasiona sempre un notabile raffreddamento della miscela effervescente, o almeno una gran diminuzione di quel calore, che altronde svolgesi dalla miscela medesima; il qual calore si manifesta perciò tanto intenso, quanto maggior copia si produce di *gas*.

Ma è poi tale il fatto, che ogni e qualunque ef-

fervescenza, col tramandare qualsisia fluido aeriforme, elettrizzi costantemente *in meno* qualsivoglia vaso? Le mie prime sperienze, e molte altre che feci in seguito coll' effervescenze, che producono aria fissa, aria nitrosa, ed aria infiammabile, o colla combustione de' carboni, da' quali emana dell' aria infiammabile e della fissa insieme, avean corrisposto benissimo; e però deponendo tutte in favore della mia opinione, venivano ad escludere l'altra, con cui attribuir si vorrebbe allo strofinamento l'elettricità in quei tentativi eccitata. Ma avendo di recente ripetute e variate tali sperienze, mi avvenne di osservare, che alcuna volta le dissoluzioni metalliche, da cui svolgesi l'aria infiammabile, in ispecie quella del zinco nell'acido vetriolico diluto, elettrizzavano il vaso e tutto l'apparato *positivamente*; invece di elettrizzarlo al solito *negativamente*. Colle altre dissoluzioni che producono aria fissa, finora ebbi sempre elettricità *negativa*; ma chi sa col ripeterle e variarle ancora, che non incontri qualche nuova eccezione od anomalia? Quello di cui posso promettermi un esito invariabile, cioè che dandomi segni di elettricità, siano di elettricità *negativa*, si è la combustione dei carboni, lo spruzzarli così ardenti d'acqua, e il tuffarli nella medesima. In queste sperienze che ho ripetute migliaja di volte, in cui l'apparato suol manifestare un'elettricità discretamente forte (assai più di quella che ottiensi colla semplice ebullizione dell'acqua), non è mai stata altra che *negativa*; e un sol caso contrario non mi è capitato ancora.

Or dunque cosa pensare di quei casi, in cui colla produzione dell' aria infiammabile metallica è nata nel vaso elettricità *positiva?* Quello che già esponemmo nella lettera sesta a proposito di una simile elettricità prodotta collo spruzzare acqua sopra il ferro e il rame roventi: cioè, che dall' alterazione che soffre il metallo e il menstruo, dalle decomposizioni e nuove combinazioni che si fanno, si genera per avventura, o si sviluppa nuovo fluido elettrico, il quale secondo che è in copia sufficiente a risarcire la dose che si porta via il fluido elastico aeriforme, od è maggiore, o minore di questa dose, fa che risulti l' elettricità nell' apparato o *nulla*, o *positiva*, o *negativa*. Con ciò si rende facilmente ragione di simili anomalìe, e con ciò sembra che acquisti maggiore verisimiglianza la supposizione del Sig. De Saussure, che il fluido elettrico si generi effettivamente, e sia, conforme anche all' idea del Sig. Kirwan, una specie di aria infiammabile: io direi piuttosto (se m' inducessi ad adottare una tal generazione del fluido elettrico), che fosse non aria infiammabile propriamente, ma un fluido analogo in qualche modo, o tale che si genera in compagnia di essa.

Checchè ne sia, che si generi nuovo fluido elettrico, o che si sviluppi soltanto il pria nascosto e combinato, torna sempre in campo la bella analogia col calore. In molte miscele e dissoluzioni sappiamo che svolgesi o si genera del caldo, che innalza di più gradi il termometro: come allorchè si unisce un acido alla calce viva, o ad un alcali caustico.

Or se l'alcali non sia caustico, ma dolce, effervescente, e similmente sia la calce cruda e aerata, il calore che risulterà combinandosi tanto questa che quello coll'acido, fia di molto minore, talvolta nullo, e non di rado *negativo*, cioè fia che ne nasca un reale raffreddamento: come allorchè si versa dell'aceto, o un debole spirito di nitro sopra l'alcali volatile appunto effervescente. La ragione di ciò è, che l'aria fissa che passa allo stato elastico, e si svolge dalla calce aerata, o terra calcare cruda, e dall'alcali parimenti aerato, all'affondervi l'acido, quest'aria, dico, tirando a se e appropriandosi in grazia della grande capacità che acquista coll'assumere tale abito aeriforme, una gran quantità di fluido calorifico, diminuisce tanto il calore prodotto dalla combinazione dell'acido coll'alcali puro, o colla calce pura, che giugne in alcuni casi a rendere tal calore nullo, e fino a produr freddo, come nell'esempio quì sopra allegato. Abbiamo dunque in tutte le effervescenze produzione e svolgimento di calore per un lato, e assorbimento del medesimo per l'altro; onde risulta, secondo che prevale questo o quello, un raffreddamento od un riscaldamento della miscela. Così pure abbiamo, se non in tutte le effervescenze, in alcune di quelle che svolgono aria infiammabile, quinci produzione o svolgimento di fluido elettrico, e quindi perdita del medesimo, per la porzione che si porta via detta aria, onde risulta elettricità *positiva* o *negativa* nel vaso che contiene la materia effervescente, secondo che è più il fluido elettrico svolto o prodotto, o quello che va via ec.

Comunque una tale spiegazione sia abbastanza fondata, e renda non forzatamente ragione delle anomalie, di cui si tratta, cioè dell'elettricità *positiva* prodotta alcuna volta da certe effervescenze, e più spesso dall' acqua che svapora in contatto del ferro e rame roventi, in luogo della *negativa* solita a prodursi in tutte le altre evaporazioni ed effervescenze; non voglio negare, che più semplice ed ovvia presenterebbesi un' altra spiegazione, qualora attribuir si volesse l' elettricità osservata in tutte le sperienze di questo genere allo stropicciamento de' vapori elastici e dei *gas*. Allora anzichè incontrar noi obiezioni e difficoltà nella variazione di cotesta elettricità or *positiva* or *negativa*, vi ravviseremmo la maggior congruenza, conoscendo già per altre innumerabili prove, quanto soglia cambiare per poco dall' una all' altra specie l' elettricità eccitata per istrofinamento, massime ne' corpi poco coibenti, massime nei tritumi e briciole de' medesimi, nelle polveri ec. Confesserò di più che mi han fatto gran colpo alla prima tali anomalie; che mi han reso per qualche tempo titubante; e che indotto m' avrebbero fin anche a rinunciare alle mie belle idee sull' elettricità che nasce dall' evaporazione e dalle effervescenze, e a riguardar questa elettricità per puro effetto dello stropicciamento dei vapori e dei *gas* eruttati; se tali casi dell' elettricità *positiva* non fossero stati troppo pochi in confronto di quelli, in cui si ha la *negativa*; e questi pochi casi medesimi non fossero stati accompagnati sempre da una troppo rimarcabile circostanza, qual è la decomposizio-

ne di un metallo, e la produzione dell' aria infiammabile. Non si tratta dunque quì di semplice volatilizzazione: un altro fenomeno v' interviene, che può ben bastare a far cambiar faccia alla cosa, ancorchè non se ne intendesse il come. Però noi abbiam cercato di spiegarlo; nè la spiegazione data sarà parsa del tutto inverisimile. Che se per attenersi ad una spiegazione, che sembra, come ho confessato, più ovvia, dir si volesse che l' elettricità *positiva* nasca in que' pochissimi casi dallo sfregamento di quel qualunque fluido elastico che s' innalza, tornerei ad obiettare la gran difficoltà, ch' io ho per insuperabile; e direi: possibile che in niun altro caso di vapori acquei, spiritosi, oleosi che sortono da' vasi metallici, terrei ec. non si ecciti mai elettricità *positiva* in detti vasi, ma costantemente *negativa?* Possibile che si ecciti sempre, e poi sempre per egual modo *negativa* colla combustione de' carboni di qualsivoglia specie, e posti in qualsivoglia recipiente? e lo stesso collo spruzzarli leggiermente d' acqua mentre ardono? lo stesso col tuffarli e spegnerli in essa? Ecco ciò che mi ha richiamato alla mia prima idea, in cui mi hanno viepiù rinfrancato, convincendomi dell' insussistenza dell' opinione che tutto attribuir vorrebbe allo stropicciamento de' vapori, le seguenti osservazioni.

Passando, che è tempo ormai, dall' elettricità prodotta dall' evaporazione artificiale forzosa, e dalle effervescenze a quella che nasce per la naturale e blanda evaporazione in seno all' atmosfera, il solo riflesso che i vapori s' alzano appunto così cheta-

mente e lenti, bastar dovrebbe a far abbandonare l'idea, che possano per sì lieve strofinamento con l'aria elettrizzarsi. All'incontro ammettendo in essi quell'accrescimento di *capacità* all'atto e in virtù di lor formazione, quell'esigenza di cui abbiam parlato, si vien tosto a capire come hanno a portar via prima alla terra, poi agli strati d'aria più vicini ad essa, e mano mano ai men vicini una dose sempre minore di fluido elettrico, fino al luogo ove avendo ricevuto tutto quello che lor bisogna, non ne prendono davvantaggio: dal che viene che e la terra, e gli strati d'aria più vicini ad essa, siccome quelli che ne fornirono dipiù, si mostrino di tal fluido elettrico i più scarseggianti; e manifestisi quindi un'elettricità respettiva *di eccesso* negli strati più alti, anche non facendosi colassù alcuna condensazione di vapori, rimanendo cioè il cielo perfettamente sereno; molto più poi se tai vapori vengano a condensarsi, e a perdere quella straordinaria capacità che già ebbero.

Nulla ho detto ancora che se lo strofinamento de' vapori contro l'aria fosse quello che vi eccitasse l'elettricità, dovrebbe questa manifestarsi assai più vigorosa del solito spirando venti impetuosi; quando l'esperienza c'insegna, che il contrario anzi accade.

Ma quello che più favorisce, e dimostra son per dire ad evidenza la mia teoria, è la fortissima elettricità *positiva*, che si produce dalla formazione delle nuvole e delle nebbie. E quale mai stropicciamento de' vapori elastici può supporsi quì e met-

tersi in campo, allora massimamente che accadono tali annebbiamenti, e tal formazione di nuvoloni temporaleschi eccessivamente elettrici in seno di una gran calma? Dirassi, che vengono i vapori ampiamente sparsi, comechesia, raccolti e condensati; e che però senza che nasca nuova elettricità in essi, quella che aveano dianzi cresce d'intensità in ragione che si raccolgono e stringono in minore spazio? Ma nelle nebbie non avviene punto così, e sovente neppure ne' temporali; non vengono certamente i vapori, per la massima parte almeno, dà luoghi molto rimoti a congregarsi in un picciolo spazio; ma i già esistenti in quel campo d'aria, sebbene invisibili perchè elastici, aeriformi, e disciolti perfettamente nell' aria, mercè l' aggiunta di pochi altri che sopraggiungono, o per azione del freddo che li sorprende, e ne rende tal aria soprassaturata, si trasformano in vapori vescicolari, e presentano quegli ammassi nebulosi, que' nuvoloni di cui parliamo: per la quale trasformazione perdendo quella straordinaria *capacità* che aveano in istato di vapori elastici, divengono cotanto ridondanti di fluido elettrico. Or quanto è facile, e viene da se una tale spiegazione fondata sulla diversa *capacità* de' vapori elastici, e dei vescicolari; altrettanto riuscirebbe difficile di tirarci qualunque altra spiegazione, e massime ove null' altro considerar si volesse circa questi o quei vapori, che il supposto strofinamento, e questo solo si volesse far giuocare.

Io però nè escluder lo voglio del tutto, nè so-

stenere che a nulla valga affatto: dirò solo per conchiudere, che son fermo in credere, che di questo strofinamento de' vapori poco o niun conto se ne abbia a fare, tanto rispetto a' fenomeni, di cui abbiamo fin ad ora parlato, quanto riguardo a molti altri della Meteorologia elettrica, di cui si è trattato e si tratterà nel corso di queste lettere.

Ho creduto di dover esporre in questa lunga postilla gli argomenti, che potrebbero far credere possibile l'elettrizzamento delle gocciole d'acqua e de' vapori vescicolari, mercè lo stropicciamento loro coll'aria; onde avesse poi a ripetersi da tal cagione, secondo pensò il Sig. Tralles, l'elettricità che si osserva nelle gran cascate d'acqua: così pure di recar in mezzo quelle altre ragioni, ed osservazioni, che con assai più di verisimiglianza indur potrebbero ad attribuire tale virtù allo strofinamento de' vapori elastici, che possono dirsi in certo modo secchi. Non ho dissimulato nulla di ciò che è, o sembra favorevole all'una e all'altra di quelle opinioni, affinchè non mi si dica, che prevenuto troppo per la mia antica sentenza io cercassi solo di combattere le altre. Si può dunque restar persuasi ch'egli è, non già per suggerimento del mio amor proprio, ma in conseguenza d'un esame rigoroso e imparziale delle ragioni prò e contra, e soprattutto d'uno studio seguito dei fenomeni meteorologici, che mi attengo a codesta mia teoria già esposta in più luoghi, e che vado viepiù sviluppando con nuove applicazioni nelle susseguenti lettere. Finalmente cosa perderebbe il mio sistema

intorno all' origine dell' elettricità atmosferica, se i vapori salendo da terra involassero a questa, e agli strati d' aria più vicini quella dose di fluido elettrico onde si arricchiscono essi vapori, e arricchiscono gli strati più alti, l' involassero non per una accresciuta *capacità* di contenerlo, come ho sostenuto e sostengo, ma in virtù di quel qualunque strofinamento che soffrono? Rimarrebbe sempre vera la parte essenziale della mia scoperta, e l' applicazione immediata all' Elettricità atmosferica: cioè che questa ognor *positiva* (quando delle cause accidentali, facili a spiegarsi, non la turbino e inducan la contraria) è prodotta dal fluido elettrico, che i vapori si portan seco mano mano negli strati d' aria più alti a spese de' più bassi, e della terra: che condensandosi detti vapori, e riducendosi al basso e sulla terra, vi riportano il fluido elettrico già preso, ec.

LETTERA OTTAVA (1)

L'elettricità quasi sempre *negativa* delle pioggie quando quella di ciel sereno, delle nubi non temporalesche, e delle nebbie alte o basse, è sempremai *positiva*; quando in ragione che più si addensano le nebbie stesse, e già già distillano in goccie, cresce codesta elettricità *di eccesso*; è un fenomeno, che non era punto facile a intendersi avanti la scoperta del Sig. Tralles, intorno alla quale ci siam lungamente trattenuti nella Lettera precedente; ma che in oggi mediante tale scoperta si spiega da sè stesso. E in vero se nelle cascate d'acqua, lo sparpagliarsi di questa in goccie fa nascere in tutto quel volume d'aria a cui giungono tali goccie, c a cui s'estende quella nebbia, o quel denso velo vaporoso, che involge la cascata medesima, vi fa nascere, dico, un elettricità *per difetto*; se questa elettricità è eccitata in qualunque modo si voglia da quella spruzzaglia; ben si vede, che lo stesso accader debbe nelle pioggie, almeno in quelle dirotte, che son pur esse una cascata d'acqua, e in cui spicciano similmente gocciole da

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica Vol. 11.° pag. 33.

ogni lato, e si attenuano in guisa di annebbiare più o meno tutta la colonna d'aria, che le riceve.

Ho detto in qualunque modo si voglia eccitata codesta elettricità *negativa* dalla spruzzaglia, cioè dal rompersi e sparpagliarsi dell'acqua; e ho inteso di dire, che anche quando fosse cotal elettricità effetto dello stropicciamento delle gocciole e de'vapori contro l'aria, dovrebbe la medesima per parità di causa aver luogo, come nelle cascate propriamente dette, così pure ne'rovesci di pioggia. Che se non da siffatto stropicciamento; ma sibbene dalla formazione de' vapori elastici, che scappan fuori dalla colonna d'acqua cadente, o dalla massa piovosa, e si dissolvono nell'aria contigua, (dall'assorbimento cioè, che tali vapori fanno del fluido elettrico, col rendere *latente* quella dose che corrisponde all'accresciuta loro *capacità*) vuol ripetersi *l'elettricità per difetto*, di cui si tratta, come ne persuadono le ragioni altrove già allegate (*a*), e viepiù ne comproverà il complesso de'fenomeni meteorologici, che verremo spiegando; sarà pur facile l'intendere in qual maniera non le sole pioggie impetuose e dirotte, ma ben anche le meno forti, e fin le picciole e tranquille, faccian nascere in seno all'atmosfera l'istessa elettricità *negativa*, rovesciando l'antecedente *positiva*. Non già, che le piccole piog-

(*a*) Vegg. la lett. 7. e più particolarmente l'Addizione alla medesima.

gie producano immantinenti questo rovescio, come fanno le grandi e dirotte; nè che quelle portino l'elettricità *di difetto* a così alto segno come queste: ma egli è ben raro, che la pioggia, per tranquilla che sia, non giunga in termine di pochi minuti a dissipare l'elettricità *di eccesso*, ond'era prima imbevuta l'aria, e ad indurvi qualche grado di elettricità *per difetto*. Soltanto le minutissime pioggie lasciano talvolta sussistere un debole resto di elettricità *per eccesso*, e più spesso il riducono a nulla.

Ma pure si danno delle pioggie anche forti, degli scrosci d'acqua, che ben lungi dall'indurre nell'aria sopra le nostre teste l'elettricità *negativa*, vi lasciano regnare la *positiva*, e ne la rinvigoriscono anzi. Che rispondere a ciò? Che tal cosa accade soltanto in occasion di temporale: per quei temporali, in cui la nuvola, che ci sta imminente, e che scarica la pioggia, è sì fortemente elettrica *in più*, che vince quella qualunque elettricità *in meno*, che il rovescio d'acqua può mai eccitare. Le goccie che cadono, essendo parte di quella nuvola strabocchevolmente ridondante di fluido elettrico avviene per quanto ne perdano nel lor tragitto fino a terra, che sì per semplice comunicazione, che in virtù dell'evaporazione cui soggiaciono, pur ne ritengano tanto ancora da mostrarsi fortemente elettrizzate *per eccesso*. Questo caso però è raro fin anche ne' temporali: giacchè la massima parte delle pioggie temporalesche ci danno anch'esse elettricità *per difetto*; ed è chiara la ragione. Primo perchè

ne' temporali i nuvoli dello strato inferiore, cioè più vicini alla terra, son essi medesimi più spesso elettrici *per difetto* che *per eccesso*, come ne indicano gli elettroscopj atmosferici. Secondo perchè anche quando l'inferiore strato di nuvole, quello che si scioglie in pioggia, è elettrico *per eccesso*, se questa elettricità non è estremamente forte, se non supera di gran lunga quella che hanno parimenti *di eccesso* le nuvole non temporalesche, la pioggia proveniente, siccome da queste, così pure da quelle, spogliandosi nel suo tragitto di fluido elettrico quanto debbe per la formazione de' vapori elastici, che da ogni sua goccia si spiccano, non giunge a terra che impoverita di esso fluido elettrico al di sotto della dose naturale, cioè elettrizzata *in meno*. Non altro dunque, che una prepotente elettricità *di eccesso* nella nuvola che si scioglie in pioggia, può portare, come abbiam detto, all'aria bassa, e ai nostri apparati atmosferici, una giunta di tale elettricità; quando nol faccia per altra guisa, cioè servendo la colonna pluviosa di conduttore per iscaricare l'elettricità ridondante nella nuvola onde procede: il che avviene pure talvolta, se questa nuvola è molto vicina a terra, e la pioggia fitta fitta. Col fin qui detto sono così bene d'accordo le osservazioni, che più bella conferma non si potrebbe desiderare: ed è inutile il trattenerci su di ciò più a lungo. Ma debbo pure dir qualche cosa più in particolare dell'elettricità occasionata dalle piogge, fuori de' temporali; e addurre alcune mie osservazioni.

Dirò dunque, che, tranne alcune pioggie temporalesche, e lasciando le estremamente minute, e quelle di cortissima durata, tutte le altre che osservai, mi han sempre dato segni più o men presto di elettricità *negativa*; e ciò qualunque fosse lo stato del cielo precedentemente, coperto da nuvoli alti o bassi, o ingombro da nebbie fino a terra, e qualunque il grado di *elettricità positiva* che vi dominava: la quale elettricità per un cielo coperto suol essere assai debole; ma nelle folte e basse nebbie è assai più forte che a ciel sereno, come in più luoghi abbiam notato, sebbene molto inferiore ancora a quella cotanto vigorosa che ci fan sentire i temporali.

Non voglio lasciar di far osservare, che se le pioggie non temporalesche mi si son mostrate tutte elettriche *per difetto*, la neve all' incontro mi ha dato segni di elettricità *per eccesso*, e sì vigorosi. La ragione io la ripeto da che non si rompe essa in goccie e in spruzzaglia, nè già può dar origine a tanti vapori, come l'acqua sparpagliata. Quindi è, che ritengono i fiocchi di neve l'elettricità stessa *di eccesso*, che possiede la nuvola onde provengono.

Mi son servito molto comodamente per esplorare l'elettricità delle nebbie, e massime delle pioggie e della neve, del mio *Apparato a lanterna*, che ho descritto sul fine della lettera 3.ª Mandava fuori, quand'era imminente la pioggia, dall'apertura fatta apposta in una finestra che guarda su d'un'ampia piazza, la lunga canna colla lanterna accesa in cima; e mi stava nella stanza ad osservare gli anda-

menti del sensibilissimo elettrometro posto in contatto del filo conduttore, pel tempo che precedeva la pioggia, nel suo ingresso, e per lunga pezza della sua durata, facendomi singolarmente attento agl' intervalli, in cui essa o raddoppiava, o si calmava, o cessava affatto. Or dunque prima che la pioggia principiasse, l' elettricità compariva per lopiù assai debole; anzi debolissima, o nulla affatto allorchè la pioggia era imminente, e già già cominciava: ma più o men debole che fosse, quando non vi era indizio di temporale, mostrossi sempre *positiva*. Al comparir delle prime goccie, se sussisteva pur qualche residuo di tal elettricità, andava questa ad occhi veggenti svenendo; finchè col proseguir della pioggia, passando per brevi istanti il mio apparato atmosferico allo stato di niuna elettricità sensibile, veniva poi poco a poco a prendervi piede l' elettricità contraria, cioè la *negativa;* la quale, continuando la pioggia ad incalzare, in pochi minuti sorgeva a 20, 30, 40 gradi dell' elettrometro a paglie sottili, e talvolta fino a far dare al filo conduttore una scintilletta. Tale era l' andamento dell' elettricità per tutte le pioggie non temporalesche, dentro la prima mezz' ora, o dentro un' ora. Ma continuando a piovere per più ore, e delle giornate intiere, la stessa elettricità *negativa* cadeva e veniva meno quasi affatto: ciò non per altra ragione, se non perchè veniva per l' aria estremamente umida dissipata l' elettricità, qualunque ella si fosse; e non aveva quasi più luogo nuova produzion di vapori in seno di essa aria già satura di quelli.

Pur se dopo qualche calma raddoppiava la pioggia, risorgevano i segni di elettricità *negativa*; siccome al contrario ripigliava l'elettricità *positiva* negli intervalli di cessazione.

E quì non posso a meno di far osservare, che coloro, i quali tanta virtù attribuiscono al fluido elettrico nella vegetazione, che tutto quasi fan dipendere da lui, la sbagliano in ciò che pensano venir tal fluido animatore portato giù dall'alto e infuso nelle piante per mezzo delle pioggie; quando il fatto stà, che ne vengono comunemente spogliate, anzichè arricchite, per risarcire l'elettricità *negativa* delle stesse pioggie. È bensì vero, che durante il sereno, e massime nelle ore della rugiada, coll'umido notturno, e più di tutto colle nebbie, smosso prima per l'azione dell'*atmosfera premente* il fluido elettrico proprio delle piante, vi s'insinua lentamente e continuamente quello, onde l'aria si trova ridondante; vi s'insinua per le lor cime, per la punta delle foglie, per le barbe delle spiche ec. e quì trasfondesi fino al terreno: ma al sopravvenir della pioggia muove egli men lento e in più copia in senso contrario, cioè dal suolo e dai tronchi alla cima delle piante. In tempo poi di temporale questo stesso fluido elettrico or scende or monta a varie scosse, e in più grossa piena; secondo che predominano a vicenda nello strato d'aria o l'elettricità *di eccesso*, o quella *di difetto*. Da questo punto di vista vuol considerarsi dunque l'influenza dell'elettricità atmosferica sulla vegetazione; e non dalle belle, ma insussistenti idee, sotto cui han

ravvisato questo oggetto alcuni, che pieni di trasporto per l'elettricismo, nulla veggendo dappertutto che l'operazione di questo grande agente, si sono dati in braccio a dei sistemi immaginarj, con far agire a loro modo, e non a quello della natura, il fluido elettrico (*a*).

Vengo ora a quell'altro fenomeno, che ho detto alla fine della lettera precedente spiegarsi coi medesimi principj da me stabiliti, cioè l'elettricità *per difetto* di molte nubi temporalesche, avvegnachè quella delle nebbie e delle altre nubi che non hann'aria di temporale, sia sempre *per eccesso*. Non parlo quì dei casi, in cui vi sono più nuvole staccate una dall'altra, e formanti diversi strati. Per poco che si conosca l'azione delle *atmosfere elettriche*, si comprende tosto, che una nuvola potentemente elettrica *in più* può ridurre facilmente allo stato di elettricità *in meno* un'altra nuvola immersa nella sua sfera di attività ec. parlo di quegli altri casi, in cui uno strato nuvoloso semplice, una nube solitaria, se pur è che fosse tale qual appariva, mi si è mostrata elettrica *per difetto*. Si cerca dunque come possa divenirla. Da principio io non credeva la cosa nè vera, nè possibile. Teneva fermamente, che una nuvola semplice e solitaria, la quale non è, come si sa, che una nebbia, un ammasso di vapori vescicolari pendente nell'aria, non potesse dispiegare altra elet-

(*a*) Vegg. le note alla lett. 4.ª

tricità, che la *positiva*, in ragione dell'eccesso di fluido elettrico risultante dalla trasformazione dei vapori elastici trasparenti in questa specie di vapori nebulosi e vescicolari, aventi una *capacità* molto minore dei primi di contenere tal fluido. Che per conseguenza quando comparivano delle nubi elettrizzate *negativamente*, non potessero essere che nubi *secondarie*, ridotte a questo stato dall'azione dell'atmosfera di un'altra nuvola *primaria* elettrizzata come si è detto *positivamente*. Essendo conosciuto, che un corpo elettrico tende a produrre l'elettricità contraria in un altro corpo immerso nella sua sfera d'attività ec., e questa è appunto la spiegazione, ch'io avea data fin da principio (cioè nella mia Memoria inserita nelle Transazioni Anglicane tante volte citata) di quell'elettricità *negativa* sì frequente ne' temporali, nei quali veggiamo in effetto, e se nol veggiamo distintamente è facile di supporre, che non ci sovrasta già una sol nuvola estesa uniformemente a guisa di un gran telone ma molte ne stan sopra, parte agglomerate, parte fluttuanti e libere le une dalle altre ec. Ivi dunque, dopo aver descritto come nasce l'elettricità *di eccesso* pel condensamento dei vapori in nebbia e in nuvoli, onde il fluido elettrico ridondante viene per così dire spremuto fuori, io proseguiva. » Fin quì l'elettricità dell'atmosfera » sarà sempre *positiva*. Ma formata che sia una » nube potentemente elettrica *in più*, ella avrà una » sfera di attività intorno ad essa, nella quale se » avviene che entri un'altra nube, allora, giusta le

» note leggi delle *atmosfere*, gran parte di fluido » elettrico di questa seconda nube si ritirerà verso » l'estremità più lontana dalla prima, e potrà an- » che uscirne fuora, ove le si presenti o altra nu- » be, o vapori, o prominenze terrestri, che possan » riceverlo: ed ecco una nube elettrizzata *negati-* » *vamente*, la quale potrà occasionare a sua posta » coll'influsso della propria atmosfera l'elettricità » *positiva* in una terza ec. In questa maniera s'in- » tende benissimo come si possano avere sovente » ne' conduttori atmosferici segni di elettricità *ne-* » *gativa* a cielo più che coperto; e come ne'tem- » porali specialmente, ove molte nubi si veggono » pensili e staccate vergere al basso, e or ondeg- » gianti fermarsi qualche tempo, ora scorrere le » une sotto le altre, or venir trasportate rapida- » mente, l'elettricità cambi più volte, e spesso a » un tratto da *positiva* a *negativa* e viceversa ».

Il Sig. di Saussure ha adottato l'istessa spiegazione, e l'ha resa più sensibile coll'esempio del nostro elettrometro atmosferico portatile, che esposto all'aria elettrica *in più*, viene, ove si tocchi, o l'isolamento suo non sia perfetto, a perdere del proprio fluido, e a rimaner quindi elettrizzato *in meno* (*a*). A questa spiegazione resta di aggiungere che anche senza che si sgravi effettivamente la nuvola inferiore del suo proprio fluido elettrico, ancor che non le si presenti corpo a cui darlo, il solo

(*a*) Loc. cit.

venire smosso tal suo fluido in virtù dell' *atmosfera premente* della nube superiore, in modo che esso abbandoni la parte che guarda tal nube superiore, e vi si diradi, condensandosi nella sua più bassa parte, può formare una nube *elettrica per difetto*: è basta perciò, che da un colpo di vento, o altrimenti venga portata via o distrutta tale bassa porzione di detta nube inferiore, e l'altra porzione, che guarda all'in sù, e in cui fu già diradato il fluido elettrico, venga essa pure portata fuori dall'attività della nube superiore elettrica *per eccesso*, o molto allontanata: questa manifesterà tosto quell'elettricità *negativa*, quel difetto di fluido elettrico, a cui è stata ridotta.

Ma ritorniamo alla nube semplice, e che da sè sola, senz'altra atmosfera premente, io suppongo che passi dall'elettricità *per eccesso*, che le è propria in virtù di sua formazione, all'elettricità *per difetto*. Questa cosa, che non mi parea possibile da principio, come già dissi; che mi sembrò ardua quando prima credei d'osservarla (in certe nubi estive, le quali se non erano propriamente temporalesche, ne avean l'aria, sendo marcatamente scure), avanti cioè che avessi notizia dell'elettricità *negativa* delle cateratte scoperta dal Sig. Tralles, e che vi applicassi la spiegazione presa dalla nascita de' vapori elastici; sì, questa cosa mi sembra ora del tutto piana e naturale. Tosto che i vapori elastici i quali nascono all'esteriore della massa d'acqua cadente, e della nube o nebbia che l'involge, e che si spargono largamente nell'aria cir-

condante che li dissolve, son quelli, che arricchendosi di fluido elettrico a spese di tal nebbia e massa d'acqua, lasciano queste elettrizzate *in meno*; è facile il comprendere, che ogni qualvolta una nuvola venga a soffrire un simile e più gran dispendio di vapori, e di fluido elettrico con essi, potrà ridursi, da elettrica che era *per eccesso*, fino ad esserlo *per difetto*; dirò anche, che prima d'essere informato della scoperta del Sig. Tralles, avendo fin dal principio di quest'anno portate più in là, che non avea fatto in addietro, le riflessioni sull'elettricità prodotta dall'evaporazione, avendole eziandio comunicate a un mio collega e amico, il Sig. Presciani novello professore di Notomia comparata nell'Università di Pavia, io avea con lui intraveduto, che un semplice nuvolo isolato potrebbe sibbene acquistare l'elettricità *negativa*: ciò che un'osservazione più attenta sull'andamento dell'elettricità ne' tempi mezzo coperti durante la primavera e l'estate, mi avea già fatto sospettare; giacchè io avea avuto sovente de' segni di cotesta elettricità *negativa*, comunque non vi avesse in aria temporale dichiarato, e le nubi sulla mia testa, ancorchè scure, mi paressero formare un solo strato unito.

Cominciai dunque fin d'allora a considerare una nuvola recentemente formata, e investita d'una forte elettricità *positiva*, (com'è di ragione, e come le sperienze dirette sopra le nebbie lo comprovano; le quali infine non differiscono dalle nuvole, che per la regione più bassa che occupano, scen-

dendo fino a terra, ed involgendoci); cominciai, dico, a considerare questa nuvola sotto un nuovo punto di vista; sotto quello di un corpo evaporante isolato. Questo nuovo svaporamento della nuvola una volta formata, non è già un supposto gratuito: è una cosa che debbe necessariamente avvenire in molte circostanze, e di cui noi siamo sovente testimoni, allorchè una nube s'impicciolisce e s'assottiglia a vista, e svanisce infine per intiero disciogliendosi nell'aria che la circonda. Vi è tutta l'apparenza, che un tale svaporamento, una tal risoluzione dei vapori nebulosi o vescicolari in vapori elastici trasparenti, debba aver luogo principalmente sulla faccia superiore della nube, la qual si trova in contatto d'un'aria comunemente più secca; e che debba essere promossa molto ed accresciuta dai raggi del sole, che la percuotono. Si veggono alcune volte delle nubi come fumare dalla parte, onde sono iuvestite dal sole. Non son questi i vapori elastici, di cui si tratta; o a meglio dire sono, come ogn'altro fumo, vapori elastici, che si condensano dall'aria fredda poco sopra il luogo di lor formazione, e ritornano vapori vescicolari. Intanto servono a provare, che realmente le nuvole svaporano, segnatamente dalla parte superiore, e più dove il sole vi batte. Ma facciasi pure da qual parte si vuole l'evaporazione, si tramandino i vapori elastici più abbondantemente da un lato o dall'altro; ci basta di sapere, che una dose di fluido elettrico debbe abbandonare la nube, per unirsi a tai vapori elastici, che

lo esigono affin di riempiere la loro *capacità*. Ora egli è visibile, che continuando così a somministrare la nube ai vapori, che da lei si spiccano, sempre nuovo fluido elettrico, e in abbondanza; l'elettricità *per eccesso*, che possedeva appena formata, andrà a gran passi indebolendosi, fino a svanire del tutto. Or questo appunto è lo stato del cielo uniformemente coperto, in cui langue ordinariamente l'elettricità in modo, che innalzando in luogo anche molto aperto l'elettrometro atmosferico armato della sua verga conduttrice ec. o non si han segni, o debolissimi, molto inferiori cioè a quelli di ciel sereno.

Ma la cosa non si ferma quì. L'evaporazione della nuvola, la sua risoluzione in vapori elastici procedendo più oltre, passa essa nuvola allo stato di elettricità *negativa*, che aumenta di più, in più ec.

Questa gradazione, e questo passaggio dall'elettricità *positiva* alla *negativa*, della stessa nube primaria, è un fenomeno dei più importanti della meteorologia elettrica, il qual merita per conseguenza di esser verificato. A tal oggetto ho dunque fatte quest'anno alcune osservazioni, le quali han corrisposto assai bene alla mia aspettazione. Nondimeno, come non sono state fino ad ora in quel numero e serie, che si richiede per istabilire qualche cosa di certo; e altronde non ho potuto assicurarmi intieramente, che dove un semplice nuvolo mi apparìa non ve ne avesse per avventura o stato non ve ne fosse qualche tempo prima alcun altro superiore, il quale colla sua atmosfera

positiva, ridotto avesse poco a poco allo stato di elettricità *negativa* detto nuvolo da me esplorato; come, dico, non ho ancora sopra di ciò un numero di osservazioni ben accertate, tralascio di quì riferire le poche imperfette, e soggette tuttavia a qualche dubbio. Intanto però, ch'io ne abbia raccolte di più evidenti, che spero non mi mancheranno, e tali da convincere gli altri, non che soddisfare me medesimo, debbo contentarmi delle semplici deduzioni quì sopra esposte, e d'una parità ossia d'un'esperienza, che per maggior rischiaramento della cosa vengo ad aggiungere.

Ho cominciato dall'elettrizzare *in più* il mio apparecchio isolato per l'ebullizione dell'acqua, per la produzione dei *gas*, e per la combustione dei carboni; indi dato corso all'una o all'altra di tali operazioni, ho veduto cadere poco a poco, mercè l'emissione dei vapori elastici, l'elettricità dianzi indotta, estinguersi essa poscia, e finalmente nascere e accrescersi fino a un certo segno l'elettricità *negativa*. Ecco dunque rappresentata in piccolo una nube isolata in aria, e che si discioglie in vapori, la qual passa medesimamente per gradazione dall'una all'altra specie di elettricità.

Mi conviene ora andar incontro ad una forte obiezione, che si potrebbe fare. Ogni nuvola, seguendo i princìpj della mia teoria sull'elettricità atmosferica, debbe trovarsi al momento della sua formazione, sopraccarica di tutta la quantità di fluido elettrico, che trovavasi dianzi *latente* (secondo l'espressione adottata) nei vapori elastici ond'è

essa nuvola formata, corrispondentemente alla *capacità* straordinaria che detti vapori aveano in questo stato: *capacità* al presente ristretta, mercè la loro condensazione in vapori vescicolari. Ciò posto, una nuova conversione in vapori elastici che può ella mai fare? Non più, che assorbire questo medesimo fluido elettrico ridondante, e renderlo come prima *latente*: e per far tanto ancora converrebbe, che tutto il nuvolo venisse esausto e ridisciolto nell'aria. Or egli non lo è nella nostra supposizione, in cui una parte del nuvolo rimane pur anco, e sì una parte considerabile. Come dunque concepire, che questa parte che resta, quest'ammasso di vapori vescicolari che sussiste anco, non ritenga un residuo corrispondente della primiera sua elettricità *positiva*? E come mai gli può essere questa portata via intieramente, e dipiù involata una parte della sua dose naturale di fluido elettrico, a segno di ridurre il restante di detta nube ad un'elettricità *negativa* assai sensibile?

La risposta a questa gran difficoltà si presenta da se medesima, per poco che si faccia di riflessione. Un nuvolo non è sì tosto formato, che dispiegando un'elettricità *positiva* assai forte, corrispondente all'eccesso di fluido elettrico, di cui si trova caricato, ne spande in copia da ogni lato, tramandandolo all'aria medesima che lo circonda, massime umida e vaporosa, alle montagne, agli alberi ec. Si giudichi da ciò quanto debbe scaricarsi nello spazio di alcune ore: della maggior parte, non v'ha dubbio, di tale eccesso. Sopravvenga ora l'evaporazione del

nuvolo, ed essendo già incominciata di buon' ora, s' avanzi a gran passi, quell' evaporazione, dico, che converte di nuovo una gran parte di esso nuvolo in vapori elastici; è facile il comprendere, che la dose di fluido elettrico richiesta a satollare cotesti vapori, e che perciò se ne va via con essi, potrà non solamente eguagliare il residuo di elettricità *positiva* del nuvolo per tale sfumazione impiccolito, ma oltrepassarne sibbene la dose, ed anche di molto: ciò che darà luogo ad altrettanta elettricità *negativa*. Richiamamoci quella specie di nube o nebbia, che involge le cateratte: essa diviene elettrica *in meno* per via dell' evaporazione che soffre all' esterno (siccome ho spiegato), in virtù cioè della trasformazione dei vapori vescicolari, ond' è formato tal velo nebuloso, in vapori elastici trasparenti. Ora la stessa cosa succede ai veri nuvoli già spogliati della loro elettricità *positiva*, e che seguono per egual maniera a svaporare. Può anche accadere, se il nuvolo non è troppo sottile, e se la sferza del sole promuove e accelera di molto l' evaporazione da un lato, es. gr. della parte superiore di esso nuvolo, che questa tal parte perda l' elettricità *in più*, e si riduca a quella *in meno* assai più presto che la parte opposta ed inferiore. Può, dico, ciò accadere; e non è dubbio, che avvenga sovente, attesa l' imperfetta conducibilità della massa nuvolosa, composta di vapori vescicolari staccati. Abbiam veduto infatti, che le nebbie formano un conduttore assai imperfetto. Or quando ciò succede, che la parte es. gr. superiore di un nuvolo sia

già ridotta all'elettricità *in meno*, sussistendo l'elettricità *in più* nella parte inferiore, tutta la massa nuvolosa dee stringersi e addensarsi, in virtù dell'attrazione tra le parti contrariamente elettriche; e allora è, che veggiamo farsi il nuvolo scuro scuro, e i rami di lui pendenti o sparsi ravvolgersi e raggrupparsi prendere in somma un aspetto temporalesco; e tutto ciò appunto nella stagione, e nelle ore di sol più caldo. Un'immagine parlante di questa cosa l'abbiamo in una massa di cotone elettrizzata e pendente a foggia di nuvola: questo cotone, ove trovisi abbastanza soffice e sfioccato (al che contribuisce l'istessa ripulsione elettrica, finchè l'elettricità vi è uniformemente diffusa), se indi si tolga ad una di lui parte l'elettricità, e vi s'infonda la contraria, sussistendo la prima nell'opposta parte, (il che puo aver luogo per qualche tempo, attesa la poca conducibilità del cotone medesimo), ecco che si stringe e rinserra a vista d'occhio, come detto abbiamo della nuvola temporalesca.

Or passiamo a vedere che divengano i vapori elastici, che si sono distaccati dal nostro nuvolo. Essi rimangono invisibilmente sparsi nell'aria circondante, fino e per quanto ella è in istato di tenergli disciolti. Ma tale forma elastica la perdono poi per l'accumulazione di questi medesimi vapori al di là del termine di *saturità*, per l'incontro di uno strato freddo, per un vento umido che sopraggiunga ec., e allora si condensano di nuovo in vapori vescicolari, e formano altri nuvoli di varie forme e volume, e in diversi luoghi, sopra, sotto,

e in ogni parte, secondo le circostanze del più o meno di umidità, del più o meno di raffreddamento, delle correnti d'aria ec. Quest'è ciò, che si vede succedere sovente, soprattutto in estate, allorchè un grosso nuvolo ne fa nascere molti altri, sia isolati, sia aggruppati, che gli stan d'attorno, quali vicini, quali a diverse distanze. Oltre poi quelli, che ci si mostrano agli occhi, se ne debbon formare ben anche degli altri al di sopra del primo strato, che ce li tien nascosti; tanto più, che l'evaporazione della faccia superiore di questo strato debb'essere ordinariamente più abbondante, per l'azione del sole che vi dà sopra; e che le regioni più fredde all'alto debbono più facilmente condensare i vapori che colà giungono.

Tutti questi nuvoli di seconda formazione sono allora elettrici *in più*, come porta la teoria. Ma può succedere ancora a molti di essi di passare come i primi all'elettricità *in meno*, gli uni più presto, gli altri più tardi, secondo le circostanze. Debbono anche le forti atmosfere elettriche produrre in questo e in quello contraria elettricità, come più sopra si è spiegato. Ecco allora i nuvoli omologhi ripellersi, nel mentre che gli elettrici contrariamente s'attraggono, si stracciano e fanno in brani; ecco di questi brani lanciarsi a vicenda dall'uno all'altro nuvolo; ecco il fluido elettrico scaricarsi or sotto forma invisibile mediante queste propagini, e pezzi stracciati oscillanti, e mediante i vapori interposti; or sotto forma visibile con lampi e saette; ecco in una parola il principio di un tempo-

rale, che mi basta quì di avere sbozzato, e che non voglio seguire nel suo più gran furore, e nelle sue complicazioni moltiplicate di altre nubi accessorie, di atmosfere elettriche a vicenda formate e distrutte, di urto di venti, di tuoni che raddoppiano ec.: fenomeni che si spiegano sufficientemente bene con ciò che conosciamo degli effetti dell'elettricità, e delle sue leggi. Io esporrò solamente alcune nuove osservazioni sopra la grandine, la di cui formazione è ancora molto oscura; e mi studierò di spiegarla coi principj quì sopra stabiliti. Questo saggio farà il soggetto della lettera seguente.

LETTERA NONA (1)

L' impegno che mi sono assunto terminando la precedente lettera, e che coraggiosamente vengo a compiere colla presente, non è già di spiegare tutto ciò che concerne la formazione della grandine; il che troppo grande e ardua cosa sarebbe: ma soltanto di risolvere, per quanto fia possibile, alcune gravi difficoltà sopra tal soggetto, che è uno de' più intralciati e difficili della meteorologia; e di soddisfare, come meglio potrò, a diverse questioni, che vi hanno una stretta relazione. Se mi riuscirà di sortir bene da questo labirinto, seguendo il filo de' già posti principj, verranno questi a ricevere dal consenso dei fenomeni sempre maggiore verosimiglianza. All' incontro se le spiegazioni compariranno stentate, e, come si suol dire, tirate a forza, e i fenomeni poco coerenti; vacilleranno i principj medesimi, e mal si reggerà tutta la fabbrica. Io pertanto, che ne sono il debole architetto, non debbo giudicarne; che niuno è buon giudice in causa propria. Ma voi, mio Signore, letto che avrete e considerato questo mio scritto, e meditato, secondo le

(1) Estratta dalla Bibl. Fisica, Vol. 14.° pag. 61.

novelle viste che vi propongo, sopra i fenomeni di cui si tratta; voi si perspicace, dotato di tanta sagacità e fino criterio nello scernere le cagioni vere dei naturali effetti, e che avete in niun conto le puramente ideali o supposte solo con leggieri fondamenti, voi giudicate pesatamente e con libertà di questi miei principj, teorie, e viste, quali esse si sieno, dite se vi paiano fondate, e che meglio quadrino coi fenomeni della grandine, ed altri che accompagnano i forti temporali, che non le spiegazioni finora recate dai filosofi; decidete infine tralle mie e altrui spiegazioni qual più vi appaga. Son certo che al vostro sano giudizio non potrà non conformarsi quello degli altri fisici illumiuati e imparziali; e vi prometto che vi si conformerà, qualunque sia per essere codesto giudizio, favorevole o contrario, anche il mio: che non sono io poi tanto amante delle proprie idee, che non sappia, quando ragione il vuole, rinunciarvi. Ma veniamo al proposito.

Si domanda in primo luogo d' onde venga, e come sia prodotto il freddo eccessivo, capace di agghiacciare quelle nuvole, che si dispongono a darci la gragnuola; che non sembrano sommamente alte, come, in virtù di sistema, han supposto comunemente i fisici, anzi il più delle volte appaiono piuttosto basse; e si scorgono biauchiccie ondeggiar pensili, e vagare sotto uuo o più strati nuvolosi, densi e scuri; que' nuvoletti in somma, cui i nostri esperti agricoltori temono tanto, e pallidi, tremanti sanno pur bene dinotare per quel che sono, per degli ammassi cioè di grandine bella e forma-

ta. D' onde mai viene un freddo sì intenso nel forte dell' estate, nelle ore del giorno più calde, in una regione d' aria che è cotanto inferiore alla regione propria del gelo?

A ben comprendere il valore di questa difficoltà, gioverà trattenerci qualche poco con alcune riflessioni sulla temperatura dell' atmosfera a diverse altezze. È noto, che a misura che si va più in su, si trova l' aria più fredda. Or in tutti i climi vi è tale altezza, a cui il gelo è sempiterno; e si forma dai vapori, anche in estate, neve, non mai pioggia. Ad altre altezze non così grandi, si strugge bensì nel sommo dell' estate una parte della neve caduta durante il rimanente dell' anno; ma non si strugge già tutta; poichè un calore che superi di 1 grado, o 2 ed anche 3 o 4 quello della congelazione, se non dura che pochi giorni o settimane, come succede appunto a quelle altezze di cui ora parliamo, non giugne a liquefare tanta neve ammassata. Il termine più basso o limite di questa fredda regione, sotto a cui cioè nel più grande estate arriva a fondersi tutta la neve, e sopra non si strugge per l' intiero, chiamasi dal Signor Bouguer la *linea del termine inferiore costante della neve*, e più brevemente può dirsi la *linea nivale*. Questa, come ben si comprende, debb' essere ed è infatti più o men alta da terra, ossia dal livello del mare, secondo la diversità dei climi più caldi o più freddi. Giusta il citato autore, che ha osservato mantenersi tutto l' anno coperte di neve a certa altezza le grandi montagne del Perù situate circa all' Equatore » l' inferior termine

» della neve forma una linea molto prossimamente » a livello in tutti i paesi, che sono in vicinanza » dell' equatore. Ma se noi esaminiamo (soggiunge) » la cosa in una maniera più generale, se noi portiamo la nostra vista su tutto il globo, questa linea » non è esattamente parallela alla superficie della » terra: egli è evidente, ch' essa dee andar abbassandosi gradatamente, a misura che ci allontaniamo » dalla zona torrida, o che ci avanziamo verso i poli. » Questa linea è alta sopra il livello del mare 2434 » tese nel mezzo della zona torrida: essa non sarà » elevata all' entrare delle zone temperate che 2100 » tese, passando per la sommità di *Theyde* o del » *Pico di Teneriffa*, che ha a un dipresso questa » altezza. In Francia e nel Chilì passerà a 15 o 1600 » tese di altezza; e continuando essa a discendere » a misura che ci allontaneremo dall' equatore; verrà a toccare la terra al di là dei due circoli polari: » e ciò considerandola noi sempre durante l' estate (*a*)». Secondo le più esatte misure e deduzioni del Sig. di Saussure (*b*), ricavate da altre relazioni di viaggi più recenti, e dai suoi proprj, *il termine inferiore costante della neve* che Bouguer, e dietro lui la comune dei fisici e dei geografi stabiliscono per il clima della Francia all' altezza di 15 in 1600 tese » debbe ribassarsi tra 14 o 1500 eziandio per

(*a*) *Voyage au Pérou*, pag. 48.

(*b*) *Voyages dans les Alpes*, T. I. 1789 T. II. 1786. Veggasi l' art. XXXVI. *de la Hauteur à laquelle cesse la fonte des neiges.*

» la francia meridionale; poichè il *Canigou*, che » si tiene per la cima più elevata de' Pirenei, non » ha che 1453 tese di altezza, e non pertanto il » Sig. Darcet (1) assicura, *che la parte più ele-* » *vata dei Pirenei è coperta di neve in tutte le* » *stagioni*. Ma v' è dipiù: l' Etna, malgrado i fuo- » chi che cova in seno, e una situazione molto più » meridionale della Francia, giacchè trovasi tra il » 37mo e il 38mo grado di latitudine, conserva del- » le nevi eterne ad un' elevazione minore di 1500 » tese ». Parlando poi delle Alpi, e tra queste delle montagne che sorpassano di molto in altezza le 1400 e le 1500 tese, osserva l' istesso De Saussure, che la linea inferiore delle nevi sta più basso ancora, cioè a circa 1300 tese, e ne assegna la ragione; e le osservazioni sue conferma viepiù con quelle del generale Pfyffer sì conosciuto per i suoi talenti, per i suoi viaggi sulle Alpi, e per la magnifica opera in rilievo, nella quale ha rappresentato con mirabile esattezza e precisione più di 100 leghe quadrate di montagne della Svizzera: ciò, dico, conferma il Sig. di Saussure contro il Gruner, il quale nella sua opera altronde stimabilissima sopra le ghiacciaie (*a*) assegna a tal limite inferiore delle nevi costanti ben 1500 tese d' altezza, anche per quelle montagne, che sorpassàno d' assai cotesta altezza, e giungono a 1600, 1800, 2000 tese, e più.

---

(1) *Discours sur l'état actuel des Pirénées.*
(*a*) *Traité des Glaciers.*

Noi pertanto attenendoci al Signor De Saussure più esatto osservatore, il quale limita l'altezza della linea inferiore costante delle nevi a 1300 tese sopra il livello del mare per le grandi Alpi, e a 1400 o un po' più per le montagne che oltrepassano di poco quest'elevazione; e ad eguale altezza circa facendo con lui passare l'indicata linea nivale anche fuori delle Alpi, siccome in Francia, in Savoia, e nella Svizzera, così pure in Lombardia, il cui clima è a un di presso il medesimo, e anzi più caldo che più freddo, eccettuate alcune provincie della Francia meridionale; noi, dico, ponendo il termine costante della neve per il nostro paese all'altezza di 1400 tese sopra il livello del mare, ognun vede che ci atteniamo al calcolo più moderato, cioè a quello che dà la minore elevazione. Non è dunque possibile di ribassare dipiù cotesto confine delle nevi, che il Bouguer, il Gruner, ed altri dietro loro avean anzi fissato alcune centinaia di tese più alto.

Or chi potrà sostenere, che sopra tale altezza di 1400 tese, calcolata la minore possibile, cioè alto perpendicolarmente da terra più di un miglio e mezzo d'Italia, si formino tutti i *temporali*, o le nubi almeno, che portan *grandine?* Certo se ne formano anche a maggior altezza, e fin sopra la cima delle montagne elevatissime, come le osservazioni degli abitanti dei loro contorni, e meglio di coloro, che vi son saliti, ce lo attestano; ma cento altre osservazioni ci assicurano del pari, che compaiono spesso de' temporali assai più bassi, e fin sotto a' piedi di chi trovandosi sopra montagne di una discreta al-

tezza, di 1000 tese per esempio, ed anche solo di 800 e di 600 vi respira un'aria serena, e gode di un bel sole; come fin da principio abbiam fatto rimarcare. Se pertanto anche questi temporali portano talvolta grandine, d'onde mai, e come mai è nato in una regione sì poco alta e quindi temperata, quel freddo che ha potuto congelar i vapori, e formar tanta massa di ghiaccio? Abbiam pur ora veduto, che una regione d'aria cotanto fredda in estate, e nel nostro clima, a prenderla anche al più basso, comincia appena a 1400 tese da terra.

Ma che dico? a tale altezza cominciano bensì le nevi eterne sulle montagne; ma non è già che vi regni in estate, stagione appunto di temporali, e nell'ore circa il mezzo giorno, in cui giusto sogliono questi formarsi, e massime i grandinosi, un freddo capace di congelare l'acqua, peggio poi le nubi, ossia i vapori vescicolari di cui sono composte: anzi si squaglia ivi pure ne' bei giorni di Luglio e d'Agosto, ed anche in Giugno molta neve; sebbene non arrivi a struggersi tutta quella ammassata negli altri mesi, come abbiam già fatto osservare. Infatti i Sigg. di Saussure padre e figlio, che portatisi sopra di un'altissima montagna, la quale si chiama il *Collo del gigante*, vi piantarono stanza per ben 15 giorni, dal principio cioè fino alla metà di Luglio del 1788 (*a*), e vi attesero colla massima diligenza ad

(*a*) *Notice des observations faites sur le* Col du geant *par M.* De Saussure. *Journ. de Phys.* 1788. Décembre.

osservare a tutte le ore, in un cogli altri fenomeni meteorologici, la temperatura dell' aria; la trovarono perlopiù nelle ore vicine al mezzo giorno da 4 in 5 gradi superiore al 0 del termometro reaumuriano, che segna il termine della congelazione, e non di rado 6, 7 gradi, e fino 8 $\frac{1}{4}$, il che fu il dì 15 all' ora appunto del mezzo giorno. Insomma la media di tutte le loro osservazioni ci dà per il mezzodì gr. 4 $\frac{1}{3}$; e per le due pomeridiane gr. 4 $\frac{3}{4}$, e per nessun' ora neppur della notte meno di $\frac{1}{2}$ gr. sopra il punto della congelazione. Eppure l' altezza, in cui stavano facendo le osservazioni, superava di 300 e più tese la linea inferiore costante delle nevi, risultando dalle più accurate misure di 1570 tese sopra il lago di Ginevra, e quindi 1757 sopra il mediterraneo, dando col Sig. De Luc 187 tese di altezza a cotesto lago (*a*).

Dunque nemmeno ad una regione dell' atmosfera così elevata regna nel cuor dell' estate una temperatura tanto fredda da agghiacciar l' acqua: a trovar la quale ne' giorni e nelle ore più calde, tempo, come già si è detto, e come tutti sanno, in cui pure nascono frequenti i temporali, converrà per conseguenza salire più alto ancora. E a quale altezza mai? tenendo dietro, come alla più fida scorta, alle osservazioni del più volte citato De Saussure, e conchiudendo con lui » che in estate, e tra i 45 e i 47 » gradi di latitudine la temperatura media dell'aria

(*a*) *Recherches sur les mod. de l'atmosphere*, T. II.

» decresca dal livello del mare fino alla cima delle » più alte montagne di $\frac{1}{100}$ di grado reaumuriano » per tesa (1) ». Ne verrà, che ne' giorni e nelle ore, in cui il caldo alla pianura è 20, 22, 25 gradi, quale lo proviamo non di rado, la temperatura di o. R. si troverà all'altezza di 2000, 2200, 2500 tese. E quì ancora ci teniamo all'estimazione più moderata: giacchè seguendo le osservazioni e i calcoli d'altri Fisici e Naturalisti, che ci danno una non tanto grande differenza tra il calore delle pianure e quello delle montagne, e supponendo coll' Eulero e con altri mattematici, che il calore dell'aria, a misura che ci allontaniamo dalla superficie della terra decresca in *progressione armonica*, arriveremmo ad un'altezza forse doppia, cioè di 4000 e più tese, prima di trovare cotal temperatura di o. R. Noi però lasciando questi calcoli fondati sopra a dei dati, che son poco d'accordo coll' esperienza, e riportandoci alle osservazioni dirette, ammettiamo col Sig. di Saussure, che il calore come si va all'alto, decresca in una progressione più rapida, la quale s'accosta molto alla *progressione aritmetica:* cosa che avean già notato altri viaggiatori delle montagne ed accurati osservatori, e segnatamente il Sig. De Luc nella sua grand' opera e molto istruttiva sulle modificazioni dell'atmosfera (*a*); e l'ha per bastantemente provata anche il

(1) Op. cit.

(*a*) *Recherches sur les modifications de l'atmosphere*, Geneve 1772. Tom. II.

Sig. Kirwan, il quale in una recente operetta, quanto concisa, altrettanto profonda e piena di fatti giudiziosamente raccolti e confrontati colle migliori teorie, sulla temperatura dei climi (1), asserisce » che il calore si osserva diminuire, ascendendo » nell' atmosfera, in una progressione prossimamen- » te aritmetica »; e fissa l' inferior limite della congelazione, dove e quando il calore alla superficie della terra sia 23 gradi R. o un poco più (qual trovasi essere appunto l' annuo calor medio sotto la linea) a 15577 piedi inglesi d' altezza, che corrispondono a circa 2400 tese francesi : il qual computo, come si vede, non s' allontana che pochissimo dal quì sopra esposto del Sig. De Saussure, che fa raffreddar l' aria di 1 grado per ogni 100 tese di elevazione.

In vista del quale accordo tanto più volentieri ci riportiamo a quello che ci dice su di ciò il nostro grande osservatore Ginevrino nel seguente passo, che sebben lungo, ci piace di quì trascrivere per intiero (*a*). » Io credo (scrive egli) che ci sco- » steremo ben poco dal risultato diretto delle spe- » rienze, se supporremo che il calore medio, al- » meno in estate, e sotto il nostro clima, decresce » di 1 grado di Reaumur per ogni centinaio di » tese di elevazione sopra le pianure. Infatti si » vede (e cita la tavola delle sue osservazioni)

(1) An Estimate of the Temperature of different latitudes. By Richard Kirwan Esq. T. R. S. London 1787.

(*a*) Loc. cit.

» che il calore medio dell' aria all' Osservatorio di
» Ginevra è stato gradi $17 \frac{286}{1000}$ nel tempo che al
» *Collo del Gigante* era $2 \frac{21}{1000}$. Il che dà una
» differenza di gradi $15 \frac{264}{1000}$. Or questo giogo
» trovasi elevato sopra quell' Osservatorio di più
» di 15 centinaia di tese, cioè 1555. Medesima-
» mente il calore medio a *Chamouni* è stato gradi
» $14 \frac{303}{1000}$, che sottratti a $17 \frac{285}{1000}$, temperatura
» del già detto Osservatorio, danno la differenza
» di gr. $2 \frac{202}{1000}$. Or *Chamouni* essendo elevato
» di 332 tese al di sopra dell' Osservatorio, si sa-
» rebbe dovuto trovare nel calore una differenza
» di gradi $3 \frac{320}{1000}$ invece di $2 \frac{902}{1000}$; ma questa
» differenza di 4 decimi di grado procede sicu-
» ramente da che il Priorato di *Chamouni*, chiuso
» in una valle, e situato al piede di una montagna
» esposta a mezzodì, gode di una temperatura più
» calda, che non goderebbe una montagna isolata
» della medesima elevazione. Questo rapporto fra
» l' evaporazione, e la temperatura dell' aria si ap-
» prossima parimente molto a quello che mi diede
» l' anno passato la mia osservazione sulla cima del
» *Monte Bianco*. Infatti osservai il termometro a
» gradi $2 \frac{3}{10}$ sotto il o, nel tempo che stava a
» Ginevra a $22 \frac{6}{10}$ sopra; ciò che fa una differenza
» di gr. $24 \frac{9}{10}$. Ora il *Monte Bianco* è elevato al
» di sopra di Ginevra 2257 tese (*a*). La progres-

(*a*) E quindi 2444 sopra il Mediterraneo: ritenuta l' altezza di 187 tese sopra il Mediterraneo, che De Luc assegna, come già si è notato, al Lago di Ginevra.

» sione del freddo fu dunque un poco più rapida,
» che in ragione di 1 grado per ogni 100 tese:
» ma bisogna considerare, che erano le ore più
» calde del giorno; e che la differenza corrispon-
» dente ai momenti più caldi è maggiore di quella
» che corrisponde al calor medio. Ciò si vede dalla
» tavola precedente: la differenza tralla tempera-
» tura di Ginevra, a quella del Collo del Gigante
» a due ore dopo mezzo giorno è di 2 gradi più
» grande di quella che corrisponde alla temperatura
» media ».

Abbiam finalmente trovata quell' altezza nell' atmosfera, a cui, stando ad un' estimazione quanto moderata altrettanto giusta, il freddo nel nostro clima anche nel cuor dell' estate, arriva al termine del ghiaccio. In cima al Monte Bianco elevato di 2450 tese circa sopra il Mediterraneo vi è anche tal freddo un poco più forte, stando il termometro 2 o 3 gradi sotto il o. R., almen quando la temperatura al basso, ne' contorni cioè del Lago di Ginevra, non arriva ai 23 gradi sopra tal punto, come mostrano le ora riferite osservazioni. Che se giunga quivi ai 25 e 26 gr., come accadrà di sicuro anche in que' paesi in certe estati e giornate più calde, giacchè da noi in Lombardia arriva qualche volta il termometro all' ombra fino a 27 e 28 gr., e se succedano una dopo l' altra molte di tali giornate straordinariamente calde; allora il calore dovrà arrivare, anche in cima a quell' altissima montagna fino al limite della congelazione, e fino a 1 grado o 2 sopra il o.

Non sarà inutile qui l' osservare, che se la regione dell' aria, ove gela costantemente, anche ne' più caldi giorni d' estate, e nelle ore di Sol più ardente, trovasi elevata dal livello del mare 2400 tese, poco più poco meno, colà sopra il *Monte Bianco*, e sopra altre simili montagne coperte in gran parte di nevi e ghiacci; in distanza da tali montagne codesta regione d' aria gelata non può già essere meno alta, che anzi è naturale che lo sia dipiù: per la ragione, che quelle grandi masse di neve e ghiaccio debbono contribuire a raffreddar l' aria, e a rendere tanto più bassa l' anzidetta regione gelata: il che non ha luogo lungi da siffatte montagne ricoperte da tai nevi, cioè nel pian paese, ed anche dove s' alzin monti di più discreta elevazione e spogli di neve. Anzi quivi le montagne servono piuttosto a riscaldar l' aria sovrincumbente che a raffreddarla, pel calore, diciam pure, *centrale* del globo (*a*), onde partecipano tali masse

(*a*) Non altro vuolsi quì intendere per *calor centrale*, che il *calor medio*, cui ritiene costantemente la terra nel suo seno, e che è sempre lo stesso, cominciando da certa non grandissima profondità fino alle maggiori, qualunque mutazione avvenga alla sua superficie, e all' aria vicina. Questo calore della terra, sebben molti pretesero, che in più gran parte avesse altra origine; pur le più accurate osservazioni e confronti provano, che proviene unicamente dal Sole: corrispondendo giusto tal calore centrale o sotterraneo in ogni clima al *calor annuo medio* dell' aria in vicinanza della terra; e questo ai *gradi di latitudine*, ossia alla maggiore o minore obliquità del Sole ec. Così

considerabili di terra e di sassi, e per quello che concepiscono esse medesime dall'azione immediata de' raggi solari in molto maggior quantità, per esser corpi densi e opachi, e ritengono assai più, che l'aria rara e trasparente. S'ella è così, come non v'è dubbio, i monti possono considerarsi come altrettante stufe o camini, che riscaldano attorno e sopra l'aria fredda dell'alta regione: parlo de' monti non altissimi, e quindi sgombri di neve e ghiacci; giacchè quelli, che ne son ricoperti, servono anzi a viepiù raffreddare l'aria della mezzana regione, e ad abbassar quindi il limite della gelata, come poco prima osservammo.

Or dunque ne' paesi di pianura, e molto più in quegli altri, in cui abbianvi delle montagne, che alzino le vaste loro spalle e teste, non però tanto da mantenersi coperte di neve in estate, sarà ancora troppo scarsa l'altezza di 2400 tese sopra il livello del mare, perchè vi regni la temperatura del

---

p. es. il calor annuo medio *di Parigi* lat. 48° 50' essendo da 9 in 10 gr. R. gli è pure da 9 in 10 quello de' sotterranei in ogni stagione alla profondità di 80 o 90 piedi, e si trova poi lo stesso a 400, 500, 1000 piedi ec. A *Madera* lat. 32° 37' l'annuo calor medio essendo 16 in 17 gr., tale fia pure quello costante de' sotterranei. Nella *Siberia*, in *Lapponia*, e in altri luoghi al di là di 68° di lat. la media temperatura annua essendo 1, 2, 3 gradi solamente, tale pure si trova nelle profondità. Veggasi una bella dissertazione di Epino *De distributione caloris per Tellurem*, e l'op. cit. di Kirwan.

ghiaccio ne' giorni e nelle ore in cui quella della pianura è di 26 o 27 gr. R., qual la proviamo talvolta, ed anche maggiore in luglio ed agosto, a mezzodì o poco dopo, e ne' siti aperti: sarà, dico, ancora poca tale altezza, poichè basta appena colà sopra le ghiacciaie della Svizzera e della Savoja. Ma supponiamo pure, che basti anche quì tra noi: diamo dunque, per esser liberali, che la temperatura dell' atmosfera all' altezza di 2400 tese, dopo una serie di giorni caldissimi alla pianura, ai quali non è raro di veder succedere de' temporali con grandine, sia di o. R. basterà forse questa elevazione, e questo freddo per congelare le nubi e i vapori nel modo, che si richiede a formare appunto la grandine? per me dico e sostengo di nò: e nè addurrò quì tosto delle ragioni, che difficilmente si potrebbero abbattere.

La prima è, che a stringere in vero e sodo ghiaccio i vapori, sia elastici, sia vescicolari, si ricerca nell' ambiente un freddo molto maggiore di o. R.; in grazia del *calor latente* dei primi, che divien libero e sensibile allorquando si condensano in acqua, e molto più in ghiaccio; e di quello pure, che mandan fuori congelandosi i secondi: onde pochi pochissimi vapori passerebbero a questo stato di ghiaccio, e gli altri tutti manterrebbonsi non gelati, se il calor dell' ambiente non fosse che o.

Oltre a ciò debbe considerarsi la resistenza, che al proprio agghiacciamento, e sì anche di pochi di loro, oppongono giusto i vapori vescicolari delle nebbie, o nuvole, le quali appunto non sono, che

ammassi di cotesti vapori; come ha dimostrato il Sig. di Saussure (*a*) e tutti oggigiorno con lui, e col Sig. De Luc (1) riconoscono i fisici: sia poi, che tale resistenza al congelarsi venga dall'istesso *calor latente* che stenta a liberarsi; o dall'elettricità, di cui ridondano tali vapori vescicolari, e che li anima di una forza ripulsiva, contrapposta alla natural loro tendenza di unirsi simmetricamente in una massa concreta, cioè di gelare cristallizzando; o da che lo stesso fluido elettrico formi per avventura d'attorno a ciascuna vescichetta quella specie d'atmosfera, quel velo, di cui abbiam dato già altrove un cenno (*b*). Qualunque sia delle indicate la vera cagione di un tal fenomeno; o vi concorrano tutte, oppur dipenda esso da qualche altra non ancora conosciuta, il fatto è, che una grande resistenza alla congelazione la manifestano, siccome abbiam detto, le nebbie e le nuvole; conciosiachè sopportino di leggieri un freddo di molti gradi sotto il o. R. senza gelare. » Si veggono (dice il Sig. » di Saussure (2)) galleggiare in aria delle nubi, » anche negl'inverni più rigidi; e le nubi non son » altro che degli ammassi di queste vescichette... E poco dopo: » appare eziandio, che l'acqua sotto » questa forma ha la forza di resistere alla conge-

(*a*) *Essais d'Hygrometrie*. 1783. III. *Essai* chap. II. *des vapeurs vessiculaires* ec.

(1) *Idées sur la Météorologie*. Tom. II. 1787.

(*b*) V. Lett. 6. sulla fine.

(2) Op. cit. pag. 211.

» lazione; poichè si vedono, come già dissi, delle » nubi o delle nebbie composte di queste vesci» chette sostenersi nell'aria anche ne'tempi, in » cui il termometro è di molti gradi sotto il ter» mine del ghiaccio ». Conviene quanto al fondo nella medesima osservazione il Sig. De Luc in più luoghi dell' opera citata, quantunque dica, che di pochi gradi solamente suol essere il freddo sotto il punto della congelazione, in tempo di nebbia, o di ciel coperto. Ma a che giova recare delle autorità, se ognuno è a portata di far simili osservazioni in tempo d'inverno?

Non v'è dubbio: perchè la nebbia possa agghiacciarsi in aria, e formare i primi stami, le prime stellette, indi i fiocchi di neve, vuol essere presa da un freddo molto più intenso che non è quello della semplice congelazione dell'acqua, o quello che mantiene la neve e il ghiaccio già formati. Non è raro di vedere nel cuor dell'inverno le nebbie, quando basse fin sul suolo, quando a mezza montagna o verso la cima, mantenersi de' giorni intieri, non che molte ore, tuttochè regni una temperatura di 4, 6 e più gradi sotto il punto della congelazione. Allora i rami degli alberi e delle siepi, le erbe, i pagliaj, le tettoje, e fino i capelli e i lunghi peli degli animali incanutiscono, coprendosi di quella specie di brina, che i Francesi chiamano *givre*, e noi *nebbia gelata*. » Se il grado di *calore* dell'aria » (dice il Sig. De Luc) (*a*) prima della formazione

(*a*) Rech. sur les Mod. de l'Atm. T. II. §. 696.

» delle nebbie è stato lungo tempo al di sotto del
» punto della congelazione, talchè i corpi solidi
» abbian perso molto del lor *calore ;* o se le *neb-*
» *bie* non sono abbastanza calde per far cessare
» il gelo; esse formano allora il *givre*, che si os-
» serva particolarmente sugli alberi e sulle fratte
» in campagna. Le *nebbie* si condensano e si con-
» gelano successivamente sopra questi corpi, e
» con siffatta successione producono una sorta di
» filagrana molto bella a vedersi, tanto in massa,
» quanto contemplandola minutamente ». Presenta ella infatti una cristallizzazione più o men regolare, e delle figure elegantissime.

Così è: questa *nebbia gelata*, che, qual brina più copiosa dell'ordinaria, s'applica dappertutto, e mano mano s'avanza, e pende in lunghi fili vagamente intrecciati da'rami ec., ella è formata, se non di fiocchi completi, di vere stellette di neve, o simili a neve; e nasce da che le vescichette acquose, ond'è composta la nebbia, rotte e disfatte nel contatto dei corpi solidi, freddi essi pure di alcuni gradi sotto il o. R., si congelano una dietro l'altra cristallizzando in bella forma; mentre le altre vescichette lontane da tai contatti, libere e intere, cioè il rimanente della nebbia, e i veri nuvoli sospesi in aria, non gelan per anco, e mantengosi, malgrado un egual freddo ed anche più acuto, nel loro stato di vapori vescicolari. Che se finalmente condensandosi anche questi, o pel freddo più intenso, che li sorprenda; o per azione dei venti; o per la perdita di quell'elettricità,

che li rendeva mutuamente ripulsivi, e costituiva fors'anco la lor forma vescicolare, come altrove ho mostrato (*a*) che v'è fondamento di credere; o per qualsiasi altra cagione; se, dico, condensandosi codesti vapori pensili in aria, e più freddi del semplice ghiaccio, vengano a rapprendersi, e con una regolare cristallizzazione a formare fiocchi di neve, manderan fuori tanto *calore latente*, che la temperatura s'innalzerà fino al 0. di Reaumur, o li presso, come vuole la teoria appunto di tal *calore latente*. Di quì quel raddolcimento dell'aria, allorchè dopo un freddo molto aspro, che va sotto cioè al limite della congelazione, il tempo si dispone a nevicare, e nevica in copia.

Era necessario premettere queste cose intorno alla formazione della neve, volendo parlare di quella della gragnuola, e spiegarne il meccanismo; essendochè il principio di questa, il suo primo rudimento, è la neve stessa. Infatti nel centro di ogni grano di grandine si trova un nucleo di neve, riconosciuto per tale dall'istesso Sig. De Luc, e da tutti i fisici, che l' hanno bene osservato: un nucleo men trasparente; bianchiccio, assai più raro e soffice del resto, che forma la crosta dura e compatta. In somma si vede, e si tocca, che questa scorza è ghiaccio solido cristallino, e quel nucleo centrale vera neve spugnosa. L'occhio solo già lo indica presentando quella piccola massa opa-

(*a*) Lett. 6 in fine.

ca nel centro: ma basta spaccare il grano di grandine, per accertarsene anche col tatto.

Or dunque quel freddo eccessivo superiore alla semplice congelazione dell'acqua, che abbiam mostrato necessario a congelare i vapori vescicolari liberi e nuotanti, per formarne neve, sarà richiesto ben anche per produrre la gragnuola, i cui grani contengono, ed hanno per prima base ossia radice l'anzidetto nucleo nevoso; anzi di un freddo viepiù intenso farà d'uopo, acciocchè cotai fiocchi di neve possano gelarsi altr'acqua d'attorno, e rivestirsi di quella più o men grossa crosta di ghiaccio solido, che finisce di dar corpo a ciascun grano di grandine, come s'è accennato. Considerando la qual cosa; e risovvenendoci soprattutto del *calor latente*, che si libera in virtù e all'alto della congelazione, onde si rattempera assai l'eccessivo freddo dell'ambiente, come poco sopra abbiam fatto osservare, non parrà già troppo, se dico, che richiederebbesi a tal uopo una regione ove il freddo fosse di 12 o 15 gradi più forte del o. R.

Or a trovare un tal freddo nel cuore dell'estate che è la stagione de' temporali, converrà nel nostro clima salire molto più in su delle 2400 o 2500 tese, a cui abbiam supposto tenendoci a un calcolo moderato, che regni ne' giorni appunto e nelle ore più calde a un di presso la temperatura di o. R.: converrà salire più di un altro migliajo di tese, cioè 1200 o 1500. Ritenuto infatti, giusta il calcolo più moderato, e le osservazioni sopra recate del Sig. di Saussure, che il caldo scemi in estate di un

grado R. per ogni centinajo di tese di elevazione, ne verrà che la temperatura di 12 gradi sotto il ghiaccio debba trovarsi a 3200 tese, e quella di — 15 gr. a 3500 tese sopra quelle pianure, ove il caldo vicino a terra sia + 20 gr.: e così poi all' altezza di 3800 e di 4000 tese in quei giorni ed ore, in cui il caldo al basso giunga a + 22 e 25 gradi: durante i quali calori, ed anche maggiori veggiam non di rado formarsi e temporali, e grandine.

Vero è, che nelle ore del giorno più infuocate, il calore, andando all' alto, scema in una proporzione maggiore dell' anzidetta, secondo che osserva il grande Fisico e Meteorologo tante volte citato; tal che può calcolarsi che decresca di 1 gr. R. per ogni 80 tese, e non ogni 100 come si è stabilito per il calor medio di tutto il giorno. Ma è altresì vero, per altre osservazioni del medesimo, e riconoscesi conforme ad ogni buon ragionamento, che al di là di certa altezza scemi il calore con una progressione sempre men rapida. Egli calcola adunque, che come si è giunto all' altezza di 3100 tese, e più oltre, a far la differenza di 1 grado R. ce ne vogliano allora più di 100 cioè da 125 per lo meno. » Ma questi cambiamenti » (soggiunge (*a*)) nella legge della progressione » debbono farsi per gradazioni: la progressione » aritmetica, che noi vediamo alla cima delle nostre

---

(*a*) *Notice des observations faites sur le col du Geant par* MM. de Saussure. *Journ. de Phys. Décembre* 1788.

» montagne, deve anzi cessare ad una più grande
» elevazione; l'i nfluenza del calore terrestre debbe
» svanire insensibilmente; e così gli spazj neces-
» sarj per la produzione di un grado di freddo
» debbono farsi più grandi progressivamente, fino
» a che si arrivi da ultimo alla temperatura co-
» stante e generale degli spazj interplanetarj ».

Così dunque compensandosi una cosa coll'altra, anzi quest'ultima ragione, che allunga le 100 tese di altezza assegnate per ciascun grado di freddo, avendo più influenza dell'altra sovr'accennata, che le accorcia, ne viene, che più alto ancora delle 3200 delle 3800 e delle 4000 tese converrà salire, vale a dire a circa 5 miglia italiane di altezza perpendicolare, o più, per trovarvi ne'più fervidi giorni d'estate quel freddo di — 12 o di 15 gr. sotto il o. R. che abbiam fatto vedere richiedersi all'opportuna congelazione dei vapori vescicolari, a tal congelazione cioè, che dia luogo a formarsi molta e grossa grandine.

Cio posto torno a domandare, se è possibile di credere, che tutti i temporali, o almen quelli grandinosi, si formino tant'alto; e se quello che ne insegna l'esperienza sulla loro comparsa si trovi almeno passabilmente d'accordo coi permessi calcoli fondati sopra immediate osservazioni. E non vediamo anzi tuttogiorno formarsi, congregarsi le nuvole temporalesche, e sì anche quelle gravide di gragnuola, non che al di sotto della region gelata, ma fino più basso della sommità de'nostri monti non altissimi? Quante volte passeggiando

sulle vette di questi monti, fresche sì, ma non a segno che vi geli, ove anzi la temperatura era di 10, 12 o più gradi sopra il o., non è avvenuto a noi e ad altri di vedere addensarsi giù al basso e nelle gole stesse delle montagne altre nubi temporalesche, e balenare, e guizzar fulmini sotto ai piedi, nel tempo che si godea colassù di un bel sereno e del sole? Quante altre volte non vedemmo la grandine percuotere tutt'intorno la pianura, e le falde di una montagna fino alla metà, o più o meno della sua altezza, intatta rimanendone una gran parte verso la cima? Il che pur mostra, che se ben anche sorpassavano quella cima altre nubi temporalesche, quelle gravide di grandine non vi giungevano.

E infatti la nuvola grandinosa suol essere o la più bassa di tutte, o una almeno delle più basse; e ben la ravvisano, come già accennai, al suo colore bianco cinereo, e ad altri indizi i contadini, che impallidiscono e tremano indicandola; ed è per conseguenza tra le prime a scaricarsi, osservandosi che la grandine precede per lopiù la pioggia, sovente l'accompagna, e non mai, o quasi mai vien dopo, se tal pioggia è stata lunga e dirotta. Eppure sembra, che tal nube grandinosa dovrebbe trovarsi sopra, anzichè sotto le piovose; cioè colà, ove l'aria è naturalmente più fredda. Ma che? Se il fatto dimostra il contrario; e fa vedere e toccar con mano, che la regione ove si forma la grandine, è molto lungi dall'essere per se stessa così fredda da congelare i vapori, e formare prima il

nucleo nevoloso, indi la crosta glaciale, di cui ciascun grano è composto.

Ritorno sempre su queste osservazioni de' temporali bassi, e specialmente delle basse nubi grandinose; perchè sono capitali, e rovesciano in un colpo il sistema affatto immaginario, che adottarono comunemente i Fisici; cioè, che la grandine si formasse a quell' altezza a cui regna naturalmente un freddo capace di agghiacciare i vapori. Vi furono però alcuni, che non seppero adottarlo, e trovandolo non conforme alle osservazioni dirette di cui parliamo, si argomentarono di spiegar altrimenti la formazione, e caduta della grandine, chiamando in soccorso altri principj. Tra questi l'autore della bella dissertazione sulla grandine coronata dall' Accademia di *Bordeaux* nel 1752 si fa forte singolarmente sull' osservazione, su cui noi pure insistiamo, delle nubi temporalesche poco elevate da terra: alle quali osservazioni ed argomenti di là cavati fa eco l'articolo *grandine* dell' Enciclopedia, da cui ci piace di trascrivere il seguente passo » Molti filosofi, senza » ricorrere (come altri fanno) a un vento fred- » do, immaginano semplicemente, che all' altezza, » a cui si forma la *grandine*, il freddo dell' atmo- » sfera sia sempre abbastanza grande, anche nel » bollore dell' estate, per convertir l' acqua in » ghiaccio. Questa opinione è soggetta a delle gran- » di difficoltà. Si è veduto sovente formarsi la gran- » dine sopra d' una valle ad un altezza molto infe- » riore a quella delle montagne vicine, che gode-

» vano in tal tempo di una dolce temperatura. Egli
» è altronde senza gran fondamento, che ci figu-
» riamo le nubi cotanto elevate sopra le nostre
» teste: son esse al contrario vicinissime a noi nei
» forti temporali. Abbiam fatto osservare, che il
» tuono accompagna d'ordinario *la grandine;* si
» può dunque credere, che queste due meteore si
» formino a un dipresso alla medesima distanza da
» terra. Or quando il tuono è perpendicolare sopra
» qualche luogo, e scoppia fortemente, l'interval-
» lo di uno o due minuti secondi, che si osserva tra
» il lampo e il romore, ne fa giudicare che la ma-
» teria del fulmine non è che a 180 o tutt'al più a
» 360 tese di distanza. Or come si può credere,
» che a questa sola altezza da terra regni natural-
» mente in tempo d'estate un freddo abbastanza
» grande per gelar l'acqua? » Cotal freddo infatti non può essere che un calore di 2 gradi circa inferiore a quello della pianura per l'altezza di 180 tese, e di 4 gr. o poco più per quella di 360 anche supponendo che scemi di un grado per ogni 80 tese, che è il massimo scemamento che ammetter si possa, e che, secondo le soprarecate osservazioni di Saussure, ha luogo soltanto nelle ore più infuocate de' giorni estivi. Ma diamo più di uno o due secondi d'intervallo tra la comparsa del lampo, e il giugnere del tuono all'orecchio; diamone tre ed anche quattro (ognuno però ha potuto osservare, che tal volta non si contano neppur tante battute di polso); ebbene, a qual altezza si troverà la nube tonante e fulminante, supponendola anche

perpendicolare alle nostre teste? All'altezza di circa 3120 piedi, ossia tese 520 quando sono tre i secondi, che scorrono tra il lampo e il tuono, e di 4160 piedi, ossia tese 603 $\frac{1}{3}$, quando i secondi sono quattro: ciò in ragione di 1040 piedi, che percorre prossimamente il suono in un minuto secondo, giusta le più esatte sperienze. Or alla maggiore di queste altezze, col calcolo ancora di un grado di raffreddamento ogni 80 tese solamente, abbiamo 8 in 9 gradi R. di temperatura inferiore a quella che nelle ore estive più fervide soffriamo alla pianura e ne' luoghi bassi; la qual temperatura non è rado che sia + 22 o 24 gradi, e giugne anche quì tra noi a 26, 27; ed è allora, appunto quando diventa il calore cotanto affannoso, che si preparano i più terribili temporali. Come faremo pertanto con quella temperatura di 13 fino a 18 o 19 gradi sopra il o.; che regna naturalmente nella mezzena, per non dir bassa regione d'aria, in cui si trovano le nubi temporalesche, come faremo ad agghiacciare queste nubi, onde fabbricare la grandine; se, come abbiam mostrato di sopra, neppure la temperatura di o. puo bastare, ma ce ne vuol una di 12 o 15 gradi sotto tal punto?

Che se dunque (ecco la final conclusione) il freddo proprio di quella regione, in cui si formano e spasseggiano le nubi grandinose, non è di gran lunga bastante all'uopo, non giungendo esse molte volte neppure all'altezza della inferior linea nivale, ed osservandosi che al di sopra di tali nubi zeppe di gragnuola se ne trovano altre molte di

acqua o vapori non gelati, che profondono appresso la caduta della graudine lunga pioggia; se, dico, il freddo naturale e proprio di quella poco alta regione, che occupano le nubi grandinose, non basta da se solo, richiedendosene uno molto più intenso, sarà mestieri ricorrere a un *freddo avventizio*, che operi quello straordinario e mirabile agghiacciamento.

Questo freddo avventizio od accidentale potrebbe mai venire da una gran massa d'aria più che gelata, la quale dalle superne regioni calasse giù indosso alle nuvole temporalesche congregate nella regione di mezzo, e tutte o in gran parte le involgesse? Oppure i graui medesimi di grandine già belli e formati, sebben minuti, o almeno i fiocchetti di neve, che ne costituiscono il nucleo, come abbiam fatto osservare, potrebbero per avventura essersi fabbricati colassù, ove regna un freddo più che bastante alla congelazione de' vapori, molto al di sopra cioè delle 360 delle 500, 800 o 1000 tese, a cui si trovano le vere nubi temporalesche tonanti e fulminanti? E perchè nò? perchè non potrebbero, essersi formati i primi stami o rudimenti della grandine all'altezza di 3 o 4000 tese o più ancora, se tanto è necessario per congelare i vapori, e formare i fiocchetti di neve, lasciando loro al dipiù quell'eccesso di freddo, di cui han bisogno per divenir in seguito grandine perfetta? tali grani minuti di grandine o già bella e formata, o abbozzata solamente, cadendo freddi a un si gran segno, cioè di 10, 12, 15 gradi al

di sotto di o. R., in grembo alle anzidette nuvole assai meno alte, e attraversandole, verrebbero a congelar quivi altri ed altri vapori rompendone le vescichette, e con ciò a rivestirsi di nuova crosta di ghiaccio, e ad ingrossare al segno che gli miriamo allorchè finalmente giungono a terra.

Belle supposizioni! ma il male si è, che nè l'una, nè l'altra può ammettersi, tali e tante sono le difficoltà, che si presentano, considerandole anche solo teoricamente: oltre le osservazioni dirette, e i fatti, che vi si oppongono, alcuni dei quali abbiamo già addotti. Riguardo alla prima ipotesi non contrasto io già che vi possano avere, e vi abbiano in effetto talora delle *colonne* d'aria *discendenti*, come ve ne hanno delle *ascendenti;* che anzi da quelle trarrò io stesso un gran partito per ispiegare certi fenomeni, che sogliono venir dietro a un temporale, e in specie quel vento freddo e secco, che gli succede, talvolta poche ore dopo la caduta di una folta grandine, tal altra, anzi più sovente, il giorno appresso. Ma accordando di buon grado, che abbia luogo in certi casi, come nell'ora mentovato, una discesa di qualche strato superiore dell'aria, non m'induco però facilmente a credere, che possa, giusto allora che sta formandosi un temporale, e qualche tempo prima quando l'atmosfera è in calma, lasciarsi giù di peso un sì enorme volume d'aria, quale richiederebbesi ad involgere tutta la massa di tal temporale, o almeno quelle nubi, che vogliamo agghiacciare e trasformare in grandine, e sì lasciarsi giù da tanto

alto, quanto è elevata la regione, in cui regna il freddo a tal uopo necessario. Abbiam di sopra conchiuso, che richiedasi un freddo di 12 o 15 gradi R. sotto il punto della semplice congelazione dell' acqua, per cominciare a stringere i vapori di una nuvola e conformarli in fiocchi di neve, indi incrostarli di lamine di ghiaccio solido, siccome sono i grani di grandine; e calcolato abbiamo, che siffatta temperatura non può trovarsi nel furore dell' estate e nelle ore più calde a minore altezza di 3 in 4000 tese, se pur anche non richiedesi maggiore. Ma ciò non basta: giacchè facendo venire l' aria anche da sì strana altezza da 5 miglia italiane, o più, è facile comprendere, che quest' aria scendendo pian piano, (che già non può un sì gran volume scendere a un tratto, e precipitare con furia), verrà mano mano a perdere di quel suo freddo eccessivo, e ad attemperarsi colle regioni men alte, fino a quella che occupano le nubi del temporale, ossia le nubi che hanno da convertirsi in grandine. Or se coteste nubi temporalesche e grandinose trovansi alte da terra non più di un miglio, o meno, p. e. 800 tese o 600 solamente (come accade spesso ne' temporali bassi, in quelli che da chi trovisi in vetta d' una delle nostre montagne non altissime si contemplano sotto a' suoi piedi); se ivi, all' altezza cioè del temporale, la temperatura in quel giorno e in quell' ora sia + 13 o 14 gradi R., qual esser deve, giusta le sopra riferite osservazioni di Saussure, allorquando vicino a terra si hanno + 21 o 22 gr. (caldo ordinario delle nostre estati nelle

ore circa il mezzodì); quanto mai non perderà dell' originario suo freddo quell' aria proveniente da una regione 4 miglia più alta, o davvantaggio, compiendo un sì lungo tragitto per regioni gradatamente più calde, da — 12 o — 15 gr. cioè, fino a + 13 o + 14? Ben si vede, che sarà molto, se arrivi al fine colla temperatura di zero o di — 1. o — 2: il qual freddo è ben lungi che basti a conglaciare i vapori, e a formare la grandine.

A quest' effetto di conformarsi in neve prima, indi in grandine, abbiam detto e dimostrato con evidenti ragioni, e giova pure ripeterlo, che denno i vapori vescicolari delle nubi venir sorpresi da un freddo almeno di — 12 gr. R. Se così è, converrà dunque andar a prendere quell' immenso volume d' aria, che dee involgerli ed agghiacciarli, ad un' altezza molto maggiore ancora delle 3 o 4000 tese, a tale cioè, che il freddo che vi regna sia altri 12 o 15 gr. più forte, vale a dire per lo meno — 25; onde rimanga essa aria in fine dell' indicato tragitto — 12 o — 15: e quest' altezza, quando il calor quì basso arrivi a + 25 gr. non può essere minore di 5000 tese, stando al calcolo del raffreddamento di 1 grado per ogni centinajo di tese. La qual proporzione, se è vero, come non si può a meno di convenirne col Sig. di Saussure, che più non ha luogo oltre una certa altezza, in maniera che sopra le 3000, 4000 tese decresca il calore di un grado non più ogni 100 tese ma ogni 125 solamente, e sempre a maggiori intervalli, secondo che più alto si progredisce, finchè si arriva a quella distanza in

cui la temperatura può considerarsi eguale in tutto il resto dell'atmosfera e degli spazi interplanetari (*a*), chi sa dire quanto più alto ancora si dovrà andare per trovar aria della temperatura richiesta, cioè di — 25 gr.? Certo più di 6, 7 o 8000 tese, che vengano a 7, 8 e più miglia.

Domando adesso, s'egli è credibile, che da una sì spaventosa altezza scenda di posta un pezzo di atmosfera, una gran massa d'aria, per posarsi indosso alle nubi, che sono o vanno a diventare temporalesche, e a formare grandine: tanto più che non si scorge, nè immaginare si può alcuna causa, la quale turbi siffattamente l'equilibrio dell'atmosfera, che uno strato d'aria della più sublime regione abbia a sprofondare negli strati inferiori fino alla regione di cotesti nostri bassi temporali: di quelli voglio dire, che si formano sulle nostre teste o entro le valli e gole de' monti, men alto d'un miglio; eppur ci portano la grandine. Per calar giù quello strato d'aria altissimo, tanto meno compresso dal rimanente della colonna atmosferica, dovrebbe essere sopraggiunto e compresso da un freddo molto più grande della natural sua temperatura; il qual freddo straordinario venisse a condensare tal aria più di quello ch'ella si trova, per l'anzidetta minor pressione, rarefatta rispettivamente agli strati inferiori, onde divenisse specificamente più grave: ma questo come accader può in così alta parte dell'atmo-

(*a*) V. il passo sopra recato.

sfera, ove non arrivano a farsi sentire, o poco almeno le mutazioni di temperatura, ed altre che accadono sulla terra, e nella bassa mezzana regione? per qual cagione adunque, per qual accidente diverrebbe moltissimo più fredda quell' aria, che lo è già tanto naturalmente, moltissimo, dico, cioè quanto fora necessario a renderla più densa e pesante degli strati inferiori?

Che dirassi poi, se ben lungi che sianvi indizi di tale sbilancio e spostamento delle colonne d'aria, in modo che giù scendano gli strati altissimi, lo strato dell' aria che precede i temporali e continua un gran pezzo durante la lor formazione, fino cioè che son vicini o già cominciano a scoppiare, è d' ordinario uno stato di perfetta calma, almen sotto la regione di quelle nubi temporalesche, di una calma sovente affannosa? Cosa avvenga o avvenir possa intanto più alto, e sopra quelle istesse nubi, nol so, e non vuo' cercare d' indovinarlo; ma certo pare che non si concilj facilmente con quell' inerzia e immobilità dell' atmosfera che quaggiù osservasi, uno scompiglio tale degli strati superiori, che quelli alti 4, 6, 7 miglia, abbiano a discendere per altrettanti, o poco meno, come si vorrebbe nell' ipotesi che sto combattendo.

Ma troppo mi trattengo a dimostrarla improbabile, per non dire impossibile, con ragioni; quando ho in pronto de' fatti decisivi: e sono la tranquillità dell' aria, e la temperatura ancora calda 10, 12, 14 gradi, e più ancora, sopra il punto della congela-

zione, che regnano su quelle alte cime de' nostri monti, dalle quali miransi talvolta de' temporali formarsi più al basso, a mezza montagna cioè, o poco più su, e alcuni sibbene grandinosi. Or quando ciò sia, dovrebbe pure arrivar prima, e sentirsi su quelle cime l'aria freddissima e più che gelata che scende, come si suppone, dall' altissima regione, e viene indosso alle nubi temporalesche (freddissima, dico, a segno di gelare se non tutte, una parte di esse nubi, di formarne prima i fiocchetti di neve, che sono il nucleo, poi la dura crosta di ghiaccio, onde son composti i grani di grandine): dovrebbero dette cime trovarsi involte da cotal aria fredda all' eccesso più ancora dell' ammasso nuvoloso che sta sotto, e prima di lui. Ma nulla di questo: la temperatura è colassù, come dicemmo di 10, 12, 14 gradi; e vi si gode di un'aria o tranquilla affatto, o agitata soltanto da qualche legger venticello solito spirare su quelle alture. Domanderei poi volentieri perchè la colonna d' aria discendente freddissima che ha prese le mosse da un'altezza di 4, 5, 6 miglia, giunta alle nubi temporalesche alte un miglio, od anche solo mezzo miglio, si arresti ivi tutta ad un tratto, e non prosiegua a scendere fino in fondo, voglio dire fin sulla terra. Dirassi che vi scende forse e arriva; ma in poca parte, trattenuta nella massima parte dalle nubi? Ma se anche una picciola parte della supposta colonna d' aria tanto fredda giungesse fino a noi, ne apporterebbe pure qualche refrigerio al caldo soffocante, e romperebbe quella

calma e immobilità d'aria, che proviamo giusto allora che si prepara un temporale, e già compaiono i nuvoloni gravidi di grandine.

Vengo ora all'altra ipotesi che fabbrica la grandine, fuori e assai più alto delle nuvole propriamente temporalesche, intendendo per nubi temporalesche quelle dense e più o meno scure, che lampeggiando e tuonando dan segni di una viva strepitosa elettricità. Queste nubi (giova pure ripeterlo) nella maggior parte de' temporali non si possono supporre molto alte, e in alcuni si trovano assai basse, come ne avvisa il tuono medesimo, che arriva all'orecchio pochi istanti dopo che il lampo ha ferito gli occhi; e lo stesso comprovano tante altre osservazioni. Ciò dunque ben conoscendo, e che a sì mediocre altezza non regna nell' atmosfera un freddo capace di congelare i vapori, onde formarne grandine, hanno immaginato alcuni Fisici, che i primi rudimenti, gli embrioni, diciam così, di questa grandine, o de' piccioli grani si formino molto più all'alto, cioè in quella regione, in cui il freddo trovisi non che sufficiente alla congelazione de' vapori, di molti gradi maggiore; tanto che contraendo que' primi germi, o granellini di grandine anch' essi un freddo di 4, 6, 10 ed anche più gradi sotto il punto della congelazione, nel cominciar a scendere, e continuar a cadere in tal modo più che gelati, vengano a congelare mano mano altri vapori, attraversando tutto quell' immenso spazio d' aria, e massime l'ammasso nuvoloso del temporale. È dunque, secondo l'opinione di questi Fisici, la gran-

dine straniera; e non alberga, ma giunge pellegrina e passa per le nubi tempestose, che sono magazzini di elettricità, stanza di tuoni e fulmini.

Ma come mai può dirsi straniera la grandine ai temporali, e che venga soltanto a visitargli di passaggio, se la più stretta connessione e parentela sembra anzi che vi sia tra lei e questi; e tale, che senza lampi e tuoni, senza qualche principio almen di temporale non v' ha esempio che sia mai caduta grandine? la stessa causa è dunque più che probabile che produca e questa e quelli; e che abbiano comune la nascita e il luogo.

Uno di quelli, che ebbero ricorso, per ispiegare la formazione della grandine, al supposto dei vapori saliti all' altissima regione, ed ivi congelati in forma di fiocchi di neve, e più freddi assai della neve ordinaria, sicchè cadendo vengano a gelarsi d' attorno molti altri vapori, fino a vestirsi di una grossa crosta di ghiaccio, è il Sig. De Luc, il quale così si espresse nella prima sua Opera meteorologica (*a*).
» La formazione della *grandine* in estate potrebbe
» aversi per una prova della prodigiosa altezza, a
» cui s' alzano i *vapori*, se si ammettesse, ciò che
» mi sembra probabile, ch' ella è dovuta alla caduta
» dei *vapori*, i quali, mercè la prodigiosa elevazio-
» ne a cui giungono, perdono abbastanza di calore
» per gelare, e far gelare attorno a se i *vapori* che

(*a*) *Recherches sur les modifications de l'atmosphere*, T. II. §. 714.

» incontrano nella loro caduta. Il nucleo nevoso,
» che è rinchiuso in ciascun grano di *grandine*;
» sembra un indizio di questa formazione: poichè
» l' acqua che si gela nello stato di *vapore*, produce
» la neve; ed è facile di concepire, che un fiocco
» di neve può essere talmente privato di calore da
» trovarsi in istato d' assorbir quello di una quan-
» tità d' acqua eguale a un grano di grandine, al se-
» gno di farla gelare ». Così pensava 18 anni sono il Sig. De Luc (e molti ancora pensano); ma in appresso fu costretto a cangiar opinione, ad abbandonare cioè l' idea di que' vapori condensati e gelati tanto più alto de' temporali, di quelle *nubi distinte*, sublimissime, onde provenir facea gli embrioni e i primi granellini di grandine. Ciò che lo ritrasse da cotal gratuita supposizione si furono le più attente osservazioni sull' andamento de' temporali; il riflesso, che abbiam quì sopra digià toccato, della strettissima connessione della grandine coi temporali, ossia coi fenomeni della strepitante elettricità, da cui è inseparabile; e soprattutto il non iscoprirsi nella regione dell' atmosfera superiore ai temporali grandinosi, nè la supposta caduta dei fiocchetti di neve e granelli gelati, nè lo strato di *nubi distinte*, da cui pretendesi di farli venire indosso alle basse nubi temporalesche: la qual caduta, e le quali nubi segregate altissime, dovrebbero pur vedersi, se esistessero. Per queste ragioni principalmente abbandonò egli l' antica sua ipotesi, e confutolla nell' altr' Opera assai più recente, che abbiam già avuto occasione di citare, in quel capitolo in cui si fa a

parlare della grandine (*a*). Converrebbe trascriverlo tutto; ma, per non esser troppo lungo, mi ristringerò a' seguenti passi principali. » I *temporali* repentini, accompagnati da *grandine* e da *tuono*, » sono ancora nel numero dei fenomeni, che ci » mostrano quante cause ci restano a scoprire nel- » l' atmosfera. La *grandine* è un sintoma di gran » *raffreddamento;* ma d'onde procede questa causa » immediata? .... quantunque io non pensi, che » la *grandine* sia prodotta da un raffreddamento, » che abbracci tutta la *nuvola*, credo nondimeno, » che un fiocco di *neve* ne sia sempre l'embrione. » Il nucleo nevoso d' ogni grano di *grandine*, egli » solo già indica questa origine. Ma inoltre io non » saprei concepire altrimenti la formazione di una » massa di ghiaccio solido nel seno delle nubi. » Abbiam veduto è vero (§. 612) formarvisi il » *Gelicidio* (1); ma egli era sempre sopra qualche » *base*, a cui le *vescichette* dei vapori nebulosi » fornivano dell' acqua, che gelava successivamen- » te. Ma nelle nubi una tal base non si trova, e » non sapremmo concepirne altra, che dei fiocchi » di *neve* freddissima all' eccesso, su di cui *l' acqua* » delle vescichette si accumula, e si gela. Queste » specie di fiocchi spiumati abbracciano, cadendo, » un molto più grande spazio, di quello farebbe la

---

(*a*) *Idées sur la Météorologie*, T. II. Part. III. Chap. II. Sect. II. de la grêle.

(1) Quel che i Francesi chiamano *Verglas*.

» medesima quantità d'acqua riunita in goccie; e
» perciò cadono molto più lentamente: dal che si
» comprende, che possono coprirsi di ***gelicidio***
» attraversando la nuvola.

» Ma ove mai si forma una *neve* cotanto fredda,
» e che più è nella stagione, in cui la *neve* ordi-
» naria non si forma? Nelle mie *Ricerche sulle*
» *modificazioni dell' atmosfera* spiegando digià la
» *grandine* colla stessa causa immediata, io avea
» supposto, che i fiocchi di *neve* si formassero nel-
» le regioni elevatissime, d'onde cadevano freddi
» all'eccesso: ma molte riflessioni, e osservazioni
» mi hanno fatto abbandonare questa idea. E pri-
» mieramente, se i *vapori* potessero alzarsi nelle
» regioni, in cui fossero di mezza state convertiti
» in *neve*, non so vedere perchè ciò non accadreb-
» be mai se non per formare la *grandine;* e qual
» legame vi potesse essere tra la formazione di una
» *nube temporalesca* (sempre molto bassa), e la
» caduta di questi *fiocchi*, così a proposito. D'al-
» tra parte, per ispiegare la formazione di questa
» *neve*, bisognerebbe necessariamente supporre uno
» strato particolare di *nubi* nella regione, in cui
» avrebbe culla, poichè tanto la *neve*, quanto la
» *pioggia* non possono formarsi, che da vescichette
» acquose; e allora cotale strato sarebbe visibile,
» almeno dall'alto delle montagne, allorquando le
» nuvole non abbracciassero che una parte dell'o-
» rizzonte. Ma in tutti i casi, in cui ho fissata la
» mia attenzione, queste *nubi* mi son parse non for-
» mare che una sola massa; tranne dei *nuvoli* spar-

» si, i quali non si trovavano per avventura più
» sovente sopra l'indicata massa, che nel resto del-
» l'aria ». E quì richiama la descrizione ch' egli
avea già data (*a*) di un fierissimo temporale da lui
osservato nel mese di Giugno 1757 ne' contorni di
Torino, che devastò le campagne con una immensa
scarica di grandine; e soggiunge. » Io ricaverò da
» quest' esempio medesimo un nuovo motivo con-
» tro l' idea generale, che codesta *neve* si formi
» entro a *nubi* distinte. Una neve tanto fredda da
» formare del ghiaccio attorno a se nel traversare
» una *nuvola* densa, si conserverebbe fino al basso
» dell' atmosfera fuori anche della nuvola, e do-
» vrebbe caderne qualche volta all' esteriore della
» colonna di *grandine*. Ora non ne cadde punto
» allora; e io non conosco alcun caso, in cui vi sia
» stata della *neve* fuori dei confini delle *nubi tem-*
» *poralesche*. Quella di cui si tratta, che io ho an-
» cora presentissima alla memoria, non formava
» che una gran massa di un' oscurità spaventevole,
» perfettamente terminata, sospesa a poca altezza
» al di sopra del paese, a cui portava notte nel mez-
» zo del giorno: delle folgori la solcavano di tempo
» in tempo, e poco dopo io sentiva un romor sordo
» di tuono .... Cadde da questa *nuvola* una così
» prodigiosa quantità d' acqua e di ghiaccio, che
» cc. .... Non è dunque possibile d' immaginare,
» che questa immensa quantità di *grandine* potesse

(*a*) *Recherches sur les modifications* etc.

» avere la sua prima sorgente fuori della *nuvola*
» medesima, che la versò. Ora la sua parte superio-
» re non arrivava punto ad una regione molto ele-
» vata, nè io ho osservato, che ciò avesse luogo in
» alcuna delle *nubi temporalesche*, che ho avuto
» occasione di vedere, sia dall'alto, sia a una di-
» stanza conveniente verso l'orizzonte. Ad ogni
» modo io non posso dubitare, che la *grandine*
» abbia per prima origine dei fiocchi di *neve*, che
» traversano la nube nel cadere: ciò che mi fa con-
» getturare, ch'essi si formino verso l'alto della
» *nuvola* medesima, mercè di un *raffreddamento*
» *subitaneo*, che tiene a qualche *causa chimica* ».

Lasciando per ora da parte l'idea di questa causa chimica, intorno a cui diremo qualche cosa in appresso, ecco come anche il Sig. De Luc, dopo aver riconosciuto che la natural temperatura dell'aria a quella mediocrissima altezza, a cui si formano, se non tutti, molti de' temporali grandinosi, manca assaissimo dall'esser tanto fredda, quanto fa bisogno per agghiacciare i vapori, ricorre, non più all'immaginario espediente di far venire dalle altissime regioni superne in grembo alle nubi temporalesche della neve fredda all'eccesso, come opinò un tempo, e molti per avventura opinano ancora; bensì ad un freddo accidentale ed avventizio, che sorprende una parte di codeste nubi; come noi pure crediamo (chiamandolo *freddo avventizio*, benchè prodotto da una causa presente e locale, per significare ch'esso è un freddo non naturale a quella regione d'aria, e che non compete per ragion di

semplice altezza alle nubi che vi covano, ma lor sopraviene, o a dir meglio evvi eccitato per estranea causa). Infatti non vi è altro partito da prendere, e a questo conduce tutto quello che son venuto diffusamente mostrando in questa lettera, e che mi giova di quì ricapitolare, ristringendolo alle seguenti proposizioni.

I. La stagione de' più fieri temporali, e massime grandinosi, è la primavera e la state; e le ore in cui sogliono nascere e scoppiare, quelle più calde del giorno: e sebbene siano men frequenti nel cuore di essa state; pur ne accadano anche nei giorni più cocenti.

II. L'altezza delle nubi temporalesche e grandinose non suol essere grandissima; e talvolta sono queste assai basse, poche centinaia di tese cioè sopra la terra; come, oltre molt'altre osservazioni, lo comprova l'intervallo di soli 3 o 4 minuti secondi tra il bagliore del lampo che fere la vista, e il rumore del tuono che giunge all'orecchio.

III. A così piccola altezza, diamola anche di 600, 800, 1000 tese (nel 1.° dei quali casi ci va a sentirsi da noi il tuono dopo veduto il lampo più di 3 secondi; nel 2.° più di 4, e nel 3.° caso più di 5) la temperatura dell'aria non può esser che da 6 a 10 o al più 12 gr. R. men calda, che nell'infima regione, vicino cioè alla terra, ove giungendo a 22, 24, 25 gr. e talvolta dipiù, deve essere lassù per lo meno tra i 10 e i 15 o 16 gradi superiore al termine della congelazione.

IV. Manca dunque ancora non poco al freddo

necessario per la formazione della grandine; quando anche non si richiedesse maggiore di quello, a cui gela naturalmente l'acqua. Or che sarà, se ricerchisi di molto maggiore?

V. E tale si ricerca infatti: 1.° perchè i vapori vescicolari, di cui son composte tutte le nebbie é le nuvole, resistono molto alla congelazione, come si osserva negli aspri giorni d' inverno, in cui si mantengano pensili in aria, e non forman neve, malgrado che regni un freddo di alcuni gradi sotto il 0. R.: il che nasce e dal molto *calore latente*, che debbono perdere innanzi gelare, e dalla loro particolar costituzione.

VI. 2.° Perchè i rudimenti della grandine, la base di ciascun suo grano, ciò che ne forma il nucleo, essendo un fiocco di neve, come la materiale inspezione lo dimostra; questo fiocco di neve vuol essere freddissimo, cioè concepire e ritenere un eccesso di freddo sotto il 0, sì se ha da ridurre ad aggiacciarsi una dietro l'altra varie pellicole d'acqua, che si tira addosso nell'attraversare la gran massa nuvolosa composta di vapori vescicolari non anco gelati, mano mano cioè che urta in queste vescichette e le rompe, e incontra altre goccie già formate: se ha, dico, tal fiocco nevoso a formarsi d'attorno la grossa crosta di ghiaccio, che gli dà la consistenza e la forma di grandine.

VII. Ma se tutto questo gran freddo non lo porta, e non lo dà la regione dell'aria, ove hanno stanza le nubi temporalesche, la quale è calda anzi 10, 12, 15 gr. sopra il punto della congelazione;

chi lo darà a tutta la massa di queste nubi, o ad una parte di esse; e da qual causa mai potrà essere prodotto? Scenderà forse l'aria della superna regione da 5, 6 o più miglia d'altezza, di là cioè ove soltanto può credersi che regni un freddo di molti gradi sotto il o. R., quale richiederebbesi all'uopo? Ma questa supposizione non può in alcun modo ammettersi, ed è contraria alle dirette osservazioni.

VIII. Come neppure può sostenersi, e viene egualmente contradetto dalle osservazioni, che i primi embrioni della grandine, i fiocchi di neve eccessivamente freddi, siccome esser denno all'effetto di cui si tratta, si formino essi colassù entro a nubi distinte, e di là piovano in seno alle basse nuvole temporalesche.

Conviene dunque di necessità ricorrere ad una causa non rimota, ma presente, che produca tal freddo accidentale, di tanti gradi quant'è richiesto a togliere non solo i 10, 12, 15 gradi di calore proprio alla regione ove son congregate le nubi temporalesche, ma a indurvi una temperatura di altrettanti gradi inferiore al punto della congelazione; se pur anche basta: ad una causa, dico, convien ricorrere, che ve lo produca ivi proprio quel gran freddo, non che ve lo porti da lontano.

Tutte queste asserzioni, io mi lusingo di averle bastantemente provate, sicchè niun vorrà più contrastarmele. Resta pertanto ad investigare quale esser possa cotesta causa produttrice di un tanto freddo nelle nubi temporalesche, ed ivi proprio presente,

Noi non andremo già a cercarla in quelle immaginarie *particole frigorifiche*, che furono un tempo di moda, ed ora sono sbandite affatto dalla fisica, come neppure in non so quali dissoluzioni saline, e *fermentazioni fredde*, che senza fondamento si sono tirate in campo, non presentandoci tanto la grandine quanto le pioggie temporalesche niente dei pretesi sali, ma semplice e pura acqua. L'Autore di una bella Memoria sulla grandine inserita nel 1.° tomo dell' Accademia di Digione 1769 il Sig. Barberet, si vale moltissimo di questi supposti sali ed effervescenze fredde; alla qual idea però, siccome ad alcune altre che presenta questa dissertazione, oppone molte valide ragioni il Sig. Morveau in una lettera al Sig. Gueneau di Montbeillard riportata nel *Giornale di* Rozier (*a*). Alcuni altri dopo si sono argomentati di sostenere contro le obiezioni di Morveau cotal idea delle particole saline produttrici del freddo, e dell'agghiacciamento delle nubi temporalesche; ma le loro ragioni non sono che sottili ripieghi, invenzioni ingegnose, e punto non appagano (*b*): ma sarebbe tempo perso, se volessimo trattenerci a confutare coteste idee affatto insussistenti.

Escluse queste e simili cause, escluderemo dunque ogn' altra *causa chimica?* Intendiamoci: alcune

(*a*) *Sur l'influence du Fluide electrique dans la formation de la grêle. Journ. de Phys.* 1777. Janvier.

(*b*) Veggasi l' istesso *Journ. de Phys.* Tom. X. 1777. pag. 301.

cause ed effetti possono considerarsi e come fisici, e come chimici; a cagion d' esempio la combustione, la respirazione, l' evaporazione. Or appunto quest' ultima, e sì concepita in un senso più chimico che fisico, qual' è quello della trasformazione de' vapori nebulosi ossia vescicolari in vapori elastici, che si dissolvono nell' aria loro vero menstruo, e che tali divengono assorbendo e appropriandosi una gran quantità di materia del calore, che diventa *calor latente*, onde appunto il raffreddamento che producono ec.: questa evaporazione io mi persuado, che sia cagione del freddo cotanto intenso che concepisce, se non tutta la massa, una parte delle nubi temporalesche, quella voglio dire, che va a formare la grandine. Ancor io dunque do una spiegazione *chimica*, se vuol dirsi tale, del fenomeno; o più giustamente adduco una causa fisica e chimica insieme.

Il Sig. De Luc attribuisce più apertamente (come si è veduto dalle ultime parole del lungo squarcio riportato poco sopra) il freddo eccessivo, onde sono sorprese cotali nuvole che vanno a diventare grandinose, ad una *causa chimica:* non già ch' egli ricorra alle dissoluzioni saline ed effervescenze fredde, che abbiamo rigettate; ma bene avendo in vista delle composizioni, anzi vere generazioni e distruzioni di *fluidi elastici*, delle metamorfosi dell' acqua in aria, e dell' aria in acqua (ch' egli presume, e di cui si fa delle idee singolari), nelle quali operazioni la materia del calore or si nasconda or si liberi ec., vorrebbe trovare in ciò, come di molti altri, la spie-

gazione del fenomeno di cui ora si tratta. Di tali viste parte veramente luminose, e parte troppo sublimi, e piuttosto lavori di una bella immaginazione che altro, è piena codesta novella sua opera, siccome pure di dubbi, molti invero sensati e giusti, altri troppo sottili e ricercati, sulle spiegazioni che soglion dare i Fisici, e ch' egli medesimo avea date nella prima Opera *Rech.* ec. de' più comuni fenomeni meteorologici, quali sono la formazione delle nubi, della pioggia ec. ma lasciando che altri giudichino meglio di un' Opera cotanto interessante, e particolarmente voi, mio Signore, da cui bramo molto intendere, cosa ne pensiate; e lasciando pure che si denomini fisica o chimica, come più aggrada, quella spiegazione o questa (lochè poco importa, purchè compaia fondata, e conforme ai fenomeni della Natura) torniamo alla nostra, che credo tale, e che è tratta da ciò che più conosciamo degli effetti dell' evaporazione.

Io dunque ripeto il fenomeno, che abbiam mostrato di sì difficile spiegazione, cioè il grande, il massimo raffreddamento, il quale opera quella prodigiosa conglaciazione de' vapori in certe nubi temporalesche, che li trasforma in fiocchi di neve, indi in grandine, lo ripeto da un' evaporazione straordinariamente rapida e copiosa, cui van soggette non dirò tutte, ma alcune delle nubi temporalesche, quelle appunto che diventan grandinose: da un' evaporazione promossa insignemente dall' aria secca superiore; dalla viva azione de' raggi solari, onde vengono quelle nuvole investite; e dalla valida elet-

tricità, che le anima: da quell' evaporazione in somma, il cui giuoco ho tirato già in scena, e ho fatto tanto valere nella lettera precedente riguardo al distruggere che essa fa l'elettricità *per eccesso* di certe nuvole che divengon giusto temporalesche, e ridurle fino alla contraria *per difetto*. Riportandomi alle quali osservazioni, e ad altre prove che addurrò nella lettera che seguirà questa da presso, farò quì soltanto riflettere, che se tale e tanta si è l'evaporazione di siffatte nuvole, tale e tanto il *fluido elettrico* che si portan via i vapori elastici, in cui si converte una gran parte dei vescicolari, onde son quelle composte, che distrutta la forte elettricità *in più* riduconsi ad una non men forte *in meno;* può bene essere tanto anche il *fluido calorifico* che se ne va via con essi vapori medesimi, giusta la loro esigenza, e conforme alla teoria del *calor latente:* può, dico, essere tanta, e lo sarà qualche volta almeno, la materia calorifica portata via, da distruggere non solo i + 10, 12, 15 gradi di caldo proprio di quella regione, a cui trovansi sospese le nubi di cui parliamo, ma da indurre inoltre in taluna di quelle (quando non fosse, che alla parte loro superiore, la qual soffre la massima evaporazione, e la perdita immediata) una temperatura di — 10, 15 gr. ec. cioè di molto inferiore alla congelazione.

Intanto lascerò giudicare a voi, Signore, e ad altri, se questa spiegazione io possa dirla tutta mia. A me pare di poterlo pretendere, sebbene non sia io il primo, che abbia avuto ricorso all' evaporazione delle nubi temporalesche per ispiegarne il loro

mirabile agghiacciamento in tali giorni ed ore, e in una regione, ove è ben lungi, che geli naturalmente. Il Sig. Morveau l'ha egli pure fatta valere nella lettera sopralodata, che sta nel *Giornale di Rozier;* ma delle tre cagioni da me allegate, che promovono potentemente l'evaporazione della nuvola, la quale va a formare la grandine, cioè il Sole che sferza co' suoi caldi raggi tal nuvola, l'aria secca incumbente, e l'elettricità che accresce delle vescichette onde essa nuvola è composta l'espansione e la mutua forza ripulsiva, egli non fa caso, o almen non parla che d'una sola, cioè di quest'ultima, laddove io insisto molto più sull'azione del Sole (*a*). Del rimanente egli non ispiega neppure a dovere come segua l'evaporazione, e perchè si porti via il calore: nulla dice, che la nuvola sia un aggregato di vapori *vescicolari;* e che questi si risolvano in vapori *elastici*, cui l'aria come menstruo proprio discioglie, e che in ciò appunto consiste l'evaporazione della nuvola; e che il freddo eccitato da questa, come da ogn' altra produzione di un fluido elastico od aeriforme, viene da che una gran dose di materia del calore s'impiega in certo modo alla costituzione di tali fluidi elastici, ossia ne viene assorbita, e vi diventa *latente*, in quanto cessa di produrre il calor sensibile di prima ec.

Io non intendo di far carico al Sig. Morveau di queste mancanze: al tempo che scriveva la citata

(*a*) Veggasi la lettera precedente.

Memoria non era ancora conosciuta, o almeno adottata la dottrina del *calor latente*, stabilita primariamente dalle sperienze di Black e di Wilke, e oggigiorno comunemente abbracciata; nè conoscevasi la vera costituzione dei vapori, e la distinzione in *elastici* e *vescicolari*. Sapevasi soltanto, che l'evaporazione produceva freddo: del qual fenomeno se ne davano varie spiegazioni, ma niuna soddisfaciente. L'Accademico di Digione stando puramente al fatto, concepì felicemente, che questa evaporazione sofferta anche dalle nubi, e promossa massimamente dall'elettricità onde ridondano le temporalesche, potea produrvi un molto maggior freddo di quello che hanno per se stesse, fino al segno di formarne pezzi di ghiaccio. Ecco tutto quello che su questo punto avanza nella sua Lettera. Non sembra neppure ch'ei cerchi di far produrre all'evaporazione un freddo così grande, come lo vogliam noi, credendo forse quello di o. R., o poco più sufficiente all'uopo. In somma, confrontando la sua colla nostra spiegazione, si potrà giudicare di quanto egli è rimasto addietro; e se, accordando io d'essere stato in qualche parte prevenuto, posso nulla meno sostenere che la spiegazione da me oggi prodotta, e per i principj su cui è fondata, e per tutto l'edifizio che vi pianto sopra, di cui parte ho esposto, parte esporrò nelle successive lettere, è spiegazione tutta mia.

Sono, mio Signore, ec.

SOPRA

LA GRANDINE

MEMORIA

DIVISA IN TRE PARTI

PARTE PRIMA. (1)

Nunquid ingressus es thesauros nivis, aut thesauros grandinis aspexisti? Job. c. 38. v. 22.

Molte sono le difficoltà che si presentano al Fisico, il quale si accinga a voler spiegare la formazione arcana della grandine, l'ingrossamento mirabile de' suoi grani, la sospensione de' medesimi in aria fino alla rovinosa lor caduta, ed altri fenomeni che la precedono, e l'accompagnano. Non così astrusa è la spiegazione de' temporali non grandinosi, dell'elettricità che ne è in parte l'origine e in più gran parte l'effettto, prodotta cioè dal rapido condensamento di grande copia di vapori, in folti ed atri nuvoloni; di quell'elettricità che in un modo o nell'altro vi domina più o meno strepitante, e variabile non solo nell'intensità, ma nella qualità pur anco passando da positiva ossia per eccesso, in negativa ossia per difetto, o da negativa in positiva a più riprese, e vicende; delle scariche di

(1) Questa Memoria è stata estratta dal Tom. I. P. 2.a delle Memorie dell'Istituto Nazionale Italiano, Classe di Fisica, e Matematica, P. 2.a pag. 125. Bologna 1806, e secondo una lunga nota ivi apposta dal Ch. Autore fa seguito immediato alla nona lettera sulla *Meteorologia Elettrica*.

tal elettricità con lampi, tuoni, e fulmini; degli scrosci di pioggia, che sogliono a questi succedere ec.: non tanto astrusa, dico, è la spiegazione di tutti questi fenomeni insieme, onde sono stipati tutti, più o meno, i temporali, quanto quella di un'altro sintoma più disastroso che ne accompagna alcuni solamente, cioè la grandine (*a*).

Si domanda in primo luogo, onde è prodotto il freddo eccessivo che giunge ad agghiacciare le nubi apportatrici di gragnuola, le quali non compajono già molto alte; anzi sembrano essere delle più basse, e che ravvisansi, qualche tempo prima della fatale scarica, di un color cinericcio tirante più o meno al chiaro, andar vagando e come raminghe sotto il telone scuro dell'altre nubi che coprono il cielo. Tali nuvole cinerizie funeste, sa ben distinguerle il contadino attento osservatore de'tempi, e dinotarle per quel che sono, per un ammasso cioè di grandine bella, e formata. Ma d'onde viene, ripeto, il freddo inconcepibile che le ha in tal modo agghiacciate? Come ha potuto sorprenderle nel cuor dell'estate, nel bel mezzo del giorno, in una regione molto inferiore alla region nivale?

A cotesta questione assai difficile da risolversi, io mi sono accinto altra volta a rispondere, parte adottando ciò che da qualche Fisico è già stato messo in campo, parte valendomi di altre osser-

---

(*a*) Ved. lettera 9.ª

vazioni dirette, non che ad appoggiare la già tentata spiegazione, ma a darle nuova forma. Si è detto adunque non senza verisimiglianza, ed io con più fondamento ancora m' avanzo a sostenere, che un tale e tanto freddo può esser prodotto dall' evaporazione, che soffre la nube medesima già formata; evaporazione che io riguardo come estremamente rapida e copiosa nelle circostanze che vado ad indicare, e sono, 1.° i raggi del sole, che percuotono la parte superiore del nuvolo; di un sole sommamente vivo nelle ore, e ne' giorni più caldi dell' anno, in cui sogliono appunto accadere più spesso i temporali con grandine: 2.° la grande rarezza e siccità dell' aria che sovrasta ad esso nuvolo; la quale straordinaria secchezza degli alti strati è comprovata e posta fuori d' ogni dubbio dalle moltiplici osservazioni dei due più grandi Fisici che siansi occupati delle modificazioni dell' atmosfera nelle diverse regioni sino alle più grandi altezze, cioè i Sigg. De Luc, e Saussure; ciò che anche è stato confermato dopo l' invenzione de' palloni aereostatici da quei Fisici che se ne sono valuti al migliore uopo, cioè a fare cogli stromenti meteorologici delle osservazioni a varie altezze; 3.° la disposizione de' vapori vescicolari (un ammasso de' quali, e non altro, è qualunque nube) a risolversi in vapor elastico; considerando che tali vescichette d' acqua, o palloncini cavi fluttuanti nell' aria, disgiunti un dall' altro, anzi in certo modo repellentisi, son già, per così dire, incamminati allo stato di vapor elastico, ad assumer il quale

loro non manca molto: disposti sono in somma ad una pronta, e perfetta vaporizzazione assai più che l'acqua in massa, o i corpi semplicemente bagnati; 4.° finalmente l'elettricità medesima che favorisce in modo singolare qualunque evaporazione, come tante sperienze coll' elettricità artificiale de' nostri gabinetti ne fanno palese. Or dunque quanto più promoverà la risoluzione de' vapori vescicolari in vapor elastico la sì potente elettricità atmosferica, quella straordinariamente forte, onde sono animati e si repellono quindi fra loro con vivacità cotali vescichette o palloncini cavi de' primi nuvoli temporaleschi? Quanto facilmente verranno lanciati dal seno di codeste nuvole, o piuttosto dalla loro superficie, tutt' intorno nell' aria, l' un dopo l'altro in copia, essi palloncini o sferette cave, per scomparire quindi, fusi in certo modo in vapor elastico, massimamente verso l' alto, ove concorre a tale trasformazione l'azion del sole, e l'aria secca, come quì sopra vedemmo?

Tutte queste circostanze che cospirano a promovere prodigiosamente l' evaporazione della nuvola temporalesca, segnatamente della sua faccia superiore, non potranno forse bastare a produrre nella mezzana regione dell' aria, in cui trovasi cotal nuvola sospesa, e ch' è già notabilmente men calda dell' infima regione, un freddo valevole a congelare il residuo di essa nuvola svaporante, od una parte almeno della medesima, la superficie cioè più esposta a tale evaporazione? A me sembra che sì. A chi però giudicasse ch' io le attribuisca troppo di poter

refrigerante, e che? dirci, non siam forse giunti a congelar l'acqua quaggiù anche in estate, mercè l'evaporazione dell'etere sulfurico, perciò solo, ch'ella è grande e rapida oltre modo? Ora un nuvolo nelle surriferite circostanze favorevolissime può bene andar soggetto ad un'evaporazione che uguagli, e superi pur anco quella dell'etere: e ciò basterebbe all'intento.

Che se si desiderasse una prova palpabile, una sperienza diretta comprovante che l'acqua si congeli effettivamente in conseguenza della sua propria evaporazione, ne potrei addurre più di un esempio; ma valga per molti quello, che ci offre una macchina idraulica ingegnosissima che trovasi impiegata nelle famose miniere di Schemnitz, e che porta il nome del suo inventore Hell, fratello del già celebre astronomo di Vienna. Questa macchina (tralasciando quì la descrizione, e l'uso della medesima) presenta un fenomeno il più sorprendente, ch'è la prova la più sensibile e più bella all'istesso tempo, del prodigioso raffreddamento, che può produrre l'acqua spruzzata nell'aria, mercè la pronta, e copiosa sua evaporazione. Girata una certa chiave o galletto, per cui schizza acqua ed aria a un tempo con grande impeto, e si sparpaglia quella a maraviglia; e presentato di contro a cotale pispino spruzzante, un cappello, un fazzoletto, o simile, questo in breve riman coperto di una crosta di ghiaccio, grossa più d'una linea. Eppure chi'l crederebbe? L'acqua rinchiusa coll'aria nel recipiente, prima che ne esca, non è

molto fredda, anzi ha la temperatura comune, cioè di 8 in 10 gradi Reaum., giusta quanto riferì l'ex-Gesuita Poda, vecchio professore di meccanica a Schemnitz, al suo consocio Herbert già professore di fisica a Vienna: intorno a che può vedersi la bella operetta di quest' ultimo *Dissertatio de igne* stampata nel 1773, ove trovasi pur anche la descrizione della macchina colle figure. Quale dunque e quanta debb' essere l'evaporazione di quel getto d'acqua tramescolato d'aria, quale e quanto il freddo ivi prodotto, se arriva a congelare tanto prontamente un cumolo di gocciole d'acqua dianzi temperata!

Applichiamo quest' esempio ad una nuvola la qual soffra un' egual evaporazione, o poco minore, e non vi sarà più difficoltà a concepire che possa del pari congelarsi qualche sua parte, quella cioè che vi si trovi più dell' altre soggetta ovvero contigua al torrente, dirò così, di vapori elastici, che l'aria secca, il sole, e l'elettricità ne fanno sgorgare. Anche questa nuvola è formata di gocciole d'acqua tramescolate all'aria; il che favorisce di molto la risoluzione delle medesime in vapore elastico, come nel zampillo quì sopra descritto: anzi non essendo quelle altrimenti goccie piene, ma sferette cave minutissime, formate di una pellicola d'acqua estremamente sottile, quali sono tutti i vapori delle nebbie, e delle nuvole, detti perciò *vapori vescicolari*, trovar si deggiono assai più disposte a subire una tal compita vaporizzazione. Per le quali circostanze tutte anche senza il getto

violento, e l'urto contro l'aria, che ha luogo per quell'acqua che spiccia fuori sparpagliandosi dalla macchina sovrindicata, può l'ammasso di tali vescichette o palloncini cavi, formante la nuvola di cui si tratta, non già denso ma più o men raro, su quella faccia massimamente ch'è rivolta all'alto verso l'aria più secca, e guarda il sole, può dico quest'ammasso e svaporare e congelarsi al pari di quel getto maraviglioso. Se poi i vivi raggi solari assorbiti dall'atra nube medesima, oltre al riscaldarla forte e più o men profondamente, le muovano d'attorno delle correnti d'aria secca, le quali, o blande la lambiscano e la rimescolino soltanto in parte, o violente la solchino più addentro, la sferzino e la straccino fin anche; chi negherà che possa la congelazione, effetto dell'evaporazione ivi per tanti mezzi promossa e sollecitata, non che uguagliare, superare quella, che presenta la macchina di Schemnitz?

Insisto molto sulle circostanze dell'aria secca al di sopra della nuvola che va a farsi grandinosa, e del sole che la investe; perchè credo che grandemente favoriscano l'evaporazione della medesima; tanto la favoriscano e la promovano, che senza di esse non possa per avventura mai essere così pronta e copiosa da agghiacciare ne' tempi caldi un intiera nuvola, e neppure la corteccia di essa.

E primieramente se l'aria che cova sopra la nuvola non è secca, potrà ben questa svaporare, ed anche abbondantemente, ove il sole la percuota; ma non si sarà appena sollevato il vapor elastico,

che riuscendo sovrabbondante in quell' aria già quasi satura, tornerà a condensarsi ed a riprendere la forma di vapor vescicolare nebuloso. Tal cosa si rende talora visibile, quando cioè collocati opportunamente, miriamo alzarsi da qualche nuvola là dove appunto viene dal sole sferzata, delle colonne come di fumo. In questo e somiglianti casi, che sono certamente frequenti, ben s' intende come, tornando per tal condensazione a liberarsi il *calor latente* poco lungi e quasi indosso alla nuvola svaporante medesima, ne venga in gran parte riparato il raffreddamento da essa sofferto, e non possa quindi aver luogo la congelazione di cui parlasi. Il concorso poi del sole, e di un sol vivo, quanto possa e debba influire, si è già spiegato abbastanza, ed è più facile a comprendersi. Non fia dunque maraviglia, che siano queste due circostanze necessarie, come or ora dicevamo, all' effetto del quale si tratta.

Del resto qual altra ragione addurre si potrebbe, per cui i temporali circa le ore del mezzo giorno, e per un tempo secco, soglion essere i più minacciosi e funesti per grandine; laddove al contrario rarissimi gli esempj sono in cui ne cada nelle ore della notte, e di notte soprattutto avanzata, per quanto spaventosi sieno in tal tempo i temporali e l' elettricità fulminante? qual mai potrebbesi addurre ragione di ciò, fuori di quella che vado ad esporre? cioè: che l' evaporazione la quale raffredda potentemente il nuvolo, fino a stringerne insieme agghiacciati i vapori vescicolari, e

le gocciole d'acqua intersperse, per qualche pioggia che cominci a stillare, fin anche a farne discendere la temperatura molti gradi sotto il o. R., cotesta evaporazione è soprattutto promossa ed avvalorata circa il mezzodì, pe' raggj del sole più vivi e penetranti che investono la faccia superiore di tal nuvolo, e per l'aria più che mai secca che giusto allora vi sta sopra: laddove in mancanza del sole, e sopraggiugnendo l'umidità della sera, umidità che dee regnare allora anche in alto, l'evaporazione de' nuvoli, o sia quel processo che ne risolve e converte gran parte in vapor elastico, viene molto rallentato, se pur anche non cessa affatto; e quindi anche cessa in un colla congelazione de' vapori vescicolari la formazione della grandine.

Ecco come io spiego uno de' più gran paradossi di meteorologia, la comparsa cioè della grandine ne' giorni dell'anno più caldi; la congelazione dei vapori nella regione dell'aria molto inferiore alla regione nivale; la formazione di più o men grossi pezzi di ghiaccio colassù, ove pur regna naturalmente una temperatura pochissimo fredda; e quel ch'è più, nelle ore del giorno più infuocate, in cui anche quella regione deve essere calda anzichè no. Inerendo agli esposti principj, l'osservazione fatta già da altri fisici, che la presenza del sole e l'azione viva de' suoi raggi concorre quasi indispensabilmente alla formazione della gragnuola, rientra nella teoria, ed anzichè un'obbiezione, somministra una novella prova.

Un'altra gravissima difficoltà che ci presenta la grandine, sta nella grossezza e costituzione dei suoi grani, formati quasi sempre di più strati o lamine distinte di ghiaccio sodo trasparente intorno ad un nocciolo bianchiccio. Noi ne veggiamo per disgrazia tutti gli anni nella nostra Lombardia della grossezza di una noce, e tal volta anche di maggior mole. Ora non è facile il concepire in qual maniera de' pezzi solidi di ghiaccio, cotanto pesanti, possano essere sostenuti in aria, come pare che lo siano tutto il tempo, che veggonsi quelle tali nuvole cinerizie, che stimiamo giustamente zeppe di grandine, avvolgersi e passeggiar lente, o rimanere immobilmente sospese sotto il gran telone, od ammasso di nuvoloni scuri, che formano il pieno del temporale, e coprono un più gran tratto di cielo. D'altra parte volendo supporre che s'ingrossino a tal segno detti grani da principio minutissimi, e vadano rivestendosi di nuove e nuove croste di ghiaccio, durante la loro caduta (come la più parte de' fisici hanno avanzato senza prove, e per non saper che dire di meglio) da quale prodigiosa altezza non dovrebbero essi cadere per aver tempo di far ciò? Giusta le migliori osservazioni, la più grande altezza, a cui si trovino mai de' nuvoli, non va a 6 miglia italiane. Ora un grano di grandine, supponiamolo cresciuto già alla grossezza di un cece quando comincia a cadere (senza prenderci briga di spiegare come abbia potuto restar sospeso fino a questo punto), un tal grano abbastanza pesante ha ben tosto percorso col

moto accelerato di gravità questo spazio di 6 miglia; nel che impiegar appena potrebbe con tutta la resistenza dell'aria, un minuto primo (*a*). E come mai dunque in sì breve tempo crescer potrebbe egli a forza d'incrostazioni successive alla grossezza di una noce, e fino di un uovo di gallina, essendosi pur veduti talvolta de' grani di tal grossezza? Che poi se le nubi temporalesche non siano neppure delle più alte, come infatti si osserva che non lo sono (*b*), e se più basse anche dell'ordinario sian quelle dinotate appunto per nuvole gravide di gragnuola, come abbiam fatto fin da principio rimarcare?

Eccoci pertanto costretti a supporre che la grandine, durante la sua formazione, ed anche bella e formata, si sostenga pensile nell'aria, non uno od alcuni minuti, ma delle ore per avventura; tanto tempo cioè, quanto ve ne vuole, perchè giungano i suoi grani a forza di nuove incrostazioni a quell'ingrossamento, che veduto abbiamo che acquistano.

(*a*) Lo spazio che percorrerebbe un grave liberamente cadendo, senza cioè la resistenza dell'aria, in un minuto primo è di oltre 54000 piedi. Diamo che la resistenza dell'aria ritardi la caduta del grano di grandine già discretamente grosso e pesante, come l'abbiam supposto, la ritardi tanto da fargli percorrere due terzi solamente di questo spazio nel detto tempo; saranno ancora 36000 piedi, cioè da 7 miglia; 5 miglia buone, se gli faccia percorrere la metà dello spazio ec.

(*b*) Veggasi la lettera 9.ª

Ma quale sarà mai la forza che si li sostenti e li ritenga dal cadere, massime quando cresciuti già a notabile grossezza, son divenuti molto pesanti? Non possiamo immaginare altra forza, o potenza, fuorchè l' elettricità: resta a vedere se questa possa essere da tanto.

Concepiscansi i nuvoli temporaleschi dotati, come lo sono effettivamente, e ne dan segni più o meno strepitosi, di una poderosissima elettricità; eglino dovranno in virtù di questa repellere fortemente le parti loro esterne: da ciò viene, che siffatti nuvoloni ci presentano sovente i loro bordi come stracciati, o a frangie, e gonfia la superficie in più luoghi, e per molte gobbe e prominenze, irregolare; per nulla dire de' brani che si prolungano in fuori, si staccano, e vengono visibilmente rigettati dal corpo della nuvola medesima. Altre volte compaiono anzi raccolti e condensati cotai nuvoloni nella parte inferiore, verisimilmente perchè cotesta superficie molto meno elettrizzata, o elettrizzata in senso contrario della faccia superiore, viene da essa attratta: come succede appunto in certe nostre sperienze (fatte per imitare alcuni fenomeni dell' elettricità atmosferica) che la parte inferiore di un volume di cotone elettrizzato, ove venga spogliata in qualche modo, ex. gr. con una punta, dell' elettricità, che avea comune col resto, o meglio si faccia passare all' elettricità contraria, tosto da rara e sfioccata che era, si raggruppa e si serra addosso alle parti interne ed alle superiori, in cui vige più forte l' elettricità primiera. È questa a mio credere una

delle principali cagioni, per cui siffatti nuvoli si fanno più densi e scuri degli altri. Comunque sia ve ne hanno al certo ne' forti temporali, che dispiegano una prepotente elettricità sulla faccia superiore.

Passiamo ora a considerare uno di cotai nuvoloni gagliardamente elettrici, il quale sorpreso da una quasi subitanea congelazione alla sua faccia superiore, in virtù di una stragrande evaporazione, cui va pel concorso di alcune circostanze soggetto, come abbiamo spiegato, trovisi su detta faccia cosparso e come seminato d'innumerevoli molecole e stellette di ghiaccio: egli è facile il figurarsi che codeste molecole, questi embrioni, o primi granellini di grandine, spinti e rigettati in alto dalla forte repulsione elettrica del nuvolone medesimo, saran tenuti sospesi ad una certa distanza, non altrimenti che una piuma, un fiocchetto di cotone, od altro corpicello leggiero son tenuti sospesi in aria da un tubo di vetro stropicciato ben bene, o da un altro corpo fortemente elettrizzato che lor si presenti per di sotto. Impiegando un largo piatto, o meglio un telone teso orizzontalmente ed isolato, sparso sopra di varj corpicelli, si può, infondendovi una vigorosa elettricità, avere il vago spettacolo di veder levarsi in aria, e sostenervisi lunga pezza tai corpicelli, anche non leggerissimi, cioè non solo delle piume, de' fiocchetti di seta, o di cotone, delle fogliette d' oro battuto, ma delle pallottole di carta, di sovero, ed altre ancora più pesantelle. La quale sperienza, fatta così più in grande, rappresenta

meglio e in più bella maniera i grani di grandine sospesi, com'io immagino, al di sopra del telone nuvoloso, certamente non meno elettrico del nostro quì descritto.

Facendo attenzione a tale sperienza, osserveremo che quei fiocchetti, quelle pallottole ec. non si tengono già là immobili, e costantemente al medesimo intervallo sopra il telone, o piatto elettrizzato; bensì in una specie di oscillazioni sempre fluttuanti: si alzano, si abbassano alternativamente, quali più, quali meno; altri cadono addosso al piatto medesimo, e risalgono un istante dopo, altri vi rimangono giacenti: in fine ridotta l'elettricità ad un certo grado di debolezza, il bel giuoco, la danza galleggiante finisce; ed eccoli tutti quei corpicelli cadere, per non più rialzarsi. Lo stesso adunque succeder dee ai grani di grandine da prima minuti, indi via via più grossi: oscillan essi al disopra della nuvola fortemente elettrica com'essi; molti spogliati di elettricità cedendo al loro peso ricadono, e non che toccare la superficie penetrabile, e affatto soffice di essa nuvola, vi s'immergono più, o meno, come accader dee; ma ben tosto, contrattane di nuovo l'elettricità, ne vengono ricacciati all'insù: solamente quelli a cui avviene di sommergersi tanto nel corpo della nuvola medesima da oltrepassarne il centro, vincendo coll'impeto della loro caduta la di lei forza repellente, non si rialzano più e vengono a terra; son questi quei grani rari e solitarj, dirò così, che scappano quà e là, e precedono la folta grandine che va fra non molto

a cadere. Giacchè finalmente il giuoco di tutti quegli altri grani che stan volteggiando al di sopra della nube, non è eterno; esso non può durare che un certo tempo; fin tanto cioè, che da una parte la mole di ciascun grano accresciuta per sempre nuove incrostazioni e dall'altra la repulsione, che contro loro esercita il nuvolone, diminuita, a cagione dell'elettricità che mano mano s'indebolisce (dissipandosi questa, o per via di frequenti scariche, o per una lenta comunicazione all'ambiente) vengono essi grani strascinati dal loro peso vincente, a rovesciarsi precipitosamente, e in folla sopra la terra.

Ecco come io penso che si possa spiegare la sospensione della grandine in aria per lungo tempo, sospensione necessaria alla sua compita formazione, e all'ingrossamento sì notabile de' suoi grani, non supponendo ancora che un solo strato nuvoloso fortemente elettrico.

Or se ci piaccia di ricorrere ad una supposizione più che verisimile, qual è quella di due o più strati, un sopra l'altro, elettrizzati contrariamente, la spiegazione diverrà molto più facile e compita. Potremo allora rappresentarci questi grani non solamente sospesi e fluttuanti, ma in una viva agitazione, saltellanti, e come ballottati, spinti cioè e rispinti dallo strato di nuvole elettrico *in più* all'altro elettrico *in meno*: nella stessa guisa che de' corpicelli leggieri di ogni specie, e fin delle pallottole di sughero non leggierissime, danzano e saltellano tra due piatti nelle sperienze elettriche de' nostri

gabinetti, qual è quella che in francese chiamasi *danse des pantins*.

Per avere sotto gli occhi un' immagine più rappresentativa, si può far ballare un gran numero di pallottole di midollo di sambuco, di sughero, o di carta, tra due lenzuoli o tappeti tesi orizzontalmente un sopra l'altro alla distanza di alcuni piedi, ed elettrizzati uno positivamente, o sia *per eccesso*, l'altro negativamente, ossia *per difetto*, ad un alto segno. Coloro che avran contemplato cotesto giuoco curioso, quand' anche non siano Fisici non avranno difficoltà a concepire che succeda la medesima cosa molto più in grande colassù tra due strati di nubi, tostochè si sarà loro fatto intendere che quelle nubi temporalesche posseggono un' elettricità incomparabilmente più forte di quella che possiamo mai eccitare colle nostre macchine. I Fisici poi informati pienamente di cotesta elettricità naturale e della sua forza, e che ne sanno per prova e per analogia apprezzare gli effetti, non dubiteranno punto della possibilità del fenomeno, e ardisco sperare che vi troveranno almeno qualche verisimiglianza, sol che ammetter vogliano in que' temporali che vanno a scaricare grossa grandine, i due strati di nubi separati da un giusto intervallo, ed elettrizzati uno contrariamente all' altro, come io suppongo.

E come non ammetterli in tali casi, e in altri pure? L' esistenza di più di uno strato di nuvoli in molti temporali non può rivocarsi in dubbio;

come neppure l'elettricità contraria degli uni rispetto agli altri. Non vi è forse persona un poco osservatrice che non abbia rimarcato più d'una volta, soprattutto nei temporali tempestosi, dei nuvolotti men lontani da terra che ora rimangono immobili, ora scorrono e s'agitano sotto ad altri nuvoli estesi più elevati; siccome non vi ha alcun Fisico, il quale essendosi applicato alle sperienze dell'elettricità naturale, non abbia osservato nel conduttore atmosferico impiegato a tali sperienze, de' passaggi frequenti, e talvolta repentini dall'elettricità *positiva* alla *negativa*, e *viceversa*, nel forte de' temporali. Mi è accaduto, esplorando l'elettrità, nel maggior bollore di questi, coll'elettrometro atmosferico portatile di Cavallo (il noto elettrometro a boccetta da me perfezionato (*a*)) avente la piccola asta ossia verghetta metallica avvitata sul suo cappelletto alla maniera di Saussure, e il candelino acceso in cima alla mia maniera, che trovo molto vantaggiosa (*b*), mi è accaduto di veder avvicendarsi le due contrarie elettricità, con passaggio quando repentino, e quando gradato ma rapido, otto, dieci, e fin quattordici volte in un minuto d'ora.

Non può dunque dubitarsi, ripeto, che esistano in siffatti temporali de' nuvoli dotati di contrarie elettricità, se fin ne abbiamo segni non equivoci

(*a*) Vedi le prime lettere.
(*b*) Ivi.

all' elettrometro, oltre gl' indizj, che ne danno i lampi e le saette, che veggiam trascorrere per entro a que' campi di nuvoli, quali congregati, quali segregati, e che altro sicuramente non sono, che scariche elettriche, onde si bersagliano l' un l' altro. Potrebbe tutt' al più moversi qualche dubbio intorno alla disposizione e collocamento troppo regolare, che sembra ch' io dia a coteste nubi, separandole giustamente in due strati paralleli fra loro e coll' orizzonte, ed assegnando tal intervallo tra l' uno e l' altro strato, che non sia nè troppo grande nè troppo piccolo, per dar luogo appunto all' immaginata danza de' grani di grandine. È d' uopo certamente che codesto intervallo sia grande anzi che nò, altrimenti si scaricherebbe tosto l' uno strato della sua elettricità sopra dell' altro; od andrebbero per la mutua attrazione ad unirsi e confondersi insieme, non lasciando luogo nè tempo a detta danza. Ma d' uopo è ancora, che non sia la distanza tanto grande da togliere all' azion mutua di farsi sentire dall' un termine all' altro, in guisa di produrre l' effetto di cui si tratta. Or come supporre che le cose si trovino aggiustate così di tutto punto?

Ai quali dubbj e difficoltà risponderò, ch' io non pretendo nè i due strati precisamente, detto già avendo che se ne possono formare di più, nè tale e tanta regolarità di posizione e di distanza, che altronde non è necessaria all' uopo; bastando che la descritta disposizione abbia luogo all' incirca, e nulla ostando qualche particolare varietà. Ma sia

pure quella qualunque disposizione che si ricerca, difficile ad incontrarsi, e rara, difficilissimo anzi il concorso di tutte le circostanze favorevoli, secondo me, alla formazione della grandine e ad un insigne ingrossamento de' suoi grani; che perciò? Varj anche sono i casi, in cui cade copiosa grandine e grossa, nè è dessa già un appannaggio di tutti i temporali, ma di alcuni solamente, e per nostra fortuna di pochi, in mezzo al gran numero, che ne abbiamo noi quì ogn'anno: appunto perchè o l'una o l'altra o molte di tali circostanze mancano per lo più, e solo per disgrazia e fatalità si combinano alcuna volta tutte a segno di portarci di quelle grosse gragnuole di cui parliamo.

Del resto non so vedere perchè la disposizione delle nubi in due strati a un di presso orizzontali, separati da un intervallo assai grande senza essere immenso; ed elettrizzati l'uno *per eccesso*, l'altro *per difetto* ad un grado abbastanza forte, debba giudicarsi oltremodo difficile, e poco meno che impossibile; nè mi pare che una tal supposizione debba aversi per arbitraria, qualor si sifletta a quello che ho già fatto rimarcare, e che è uno dei punti, sui quali mi appoggio di più, cioè: che il sole, il quale sferza le nubi di prima formazione, onde risulta lo strato inferiore, promove e accelera di molto l' evaporazione della faccia superna di tal primo strato, risolve una gran parte di quei vapori vescicolari in vapor elastico: concorrendo a ciò, e l'aria secca che regna di sopra, e la costituzione propria di tali va-

pori vescicolari, e la loro mutua repulsione avvalorata dall'elettricità, conforme si è spiegato al principio di questa dissertazione (*a*). Imperocchè comprendesi allora agevolmente che cotesti nuovi vapori elastici sollevandosi, incontrar denno tosto o tardi un'aria abbastanza fredda per condensarli un'altra volta in vapori vescicolari, e formarne a conveniente distanza un secondo strato nuvoloso somigliante al primo: con questa differenza però, che fa al nostro caso, cioè: che il testè formato in alto dispiegherà una forte elettricità *positiva* (qual è quella che sorge a dirittura da ogni condensamento di vapori in nebbia, o nuvoli), mentre il vecchio strato inferiore, scaricato già in parte, mercè di varie comunicazioni mediate, o imdiate colla terra, ed esausto inoltre per l'anzidetta copiosa evaporazione, trovasi, non che privato della primiera sua elettricità parimente positiva, ma ridotto alla *negativa*, forte anch'essa (*b*). Ecco dunque i due gran piatti, tra i quali danzano e saltellano i grani di grandine formati dianzi, siccome io penso, in seno alla nuvola inferiore, segnatamente sulla faccia che guarda la nuvola superiore, formati, dico, in forza del prodigioso raffreddamento cagionatole dall'evaporazione, come si è spiegato abbastanza.

(*a*) E più diffusamente era stato sviluppato nelle lettere 8.ª e 9.ª

(*b*) Vedi ivi.

PARTE SECONDA.



Ho parlato fin quì della grandine, come se i suoi grani fossero già dal principio belli e formati, e senza cambiare di figura e di costituzione, non facessero che ingrossare in seguito per via di successive incrostazioni, durante tutto il tempo che volteggiano nell'aria cacciati e ricacciati dall'uno all'altro strato di nubi. Solamente ho fatto qualche cenno del fiocchetto di neve, da cui sembra aver il suo principio ognuno di tali grani. Or conviene considerar meglio un tal punto importante, e trattenersi più di proposito su di esso. Abbiamo dunque per un fatto presso a poco generale, che de' fiocchetti di neve han servito di base alla grandine, scorgendosene comunemente uno non piccolissimo, anzi talora di più che discreta mole, nel centro di ciascun grano. Differiscono pertanto interamente gli embrioni della grandine dai grani adulti, o vogliam dire compiti, della medesima; non essendo quelli sulle prime che fiocchi di neve, e questi formati dianzi da piccole stellette risultanti da filetti o sottili aghi di ghiaccio, quali si producono dalla congelazione immediata de' vapori nebulosi ossia vescicolari, sorpresi da un freddo intensissimo avantichè si rom-

pano e risolvano in goccie, com'è ormai riconosciuto dai migliori Fisici, e come lo dimostra all'occhio la formazione di quella specie di brina che i Francesi chiamano *gelée blanche*, o *givre*, e noi nebbia gelata; e meglio ancora lo diede a vedere la curiosa sperienza fatta per azzardo dagli Accademici Francesi in Lapponia, e che è stata ripetuta da altri in Siberia. Avendo essi introdotta dell'aria eccessivamente fredda in una camera calda e molto vaporosa in cui si trovavano, la si vide in pochi istanti ripiena di cotali stellette, o piccoli fiocchi di neve, che cadevano sui loro abiti e sul suolo.

Questo spettacolo era assai bello; ma sarebbe stato molto più dilettevole e grazioso, se si fossero trovati in quella camera sospesi due gran piatti elettrizzati l'uno *in più*, l'altro *in meno*, il vedere que' fiocchetti ballare e saltellare, fare la così detta *danse des pantins*, e rappresentare al naturale ciò che avviene, com'io suppongo, in seno ai temporali ove si forma la grandine. Io sono persuaso, e punto non ne dubito, che se si fosse sostenuta lungo tempo in un coll'elettricità cotal danza, e si fossero forniti vapori abbastanza per mantenere nella stanza una grande umidità, potuto avrebbero quei fiocchetti coprirsi di qualche lamina di ghiaccio, e prendere la forma e consistenza di una grandine almeno sbozzata, di quella che chiamasi in Francese *gresil*. Meriterebbe certamente di essere ripetuta una tale sperienza sotto questo punto di vista; ma non so se alcuno vorrebbe portarsi espressamente per tal oggetto

. . . . . . » oltr' Elba e Spree,
Fin sotto l'orsa algente
Tra barbarica gente:
. . . .
Presso l'artico speco
Fra le bistonie nevi
Dov' è perpetua sera.

I fiocchi di neve che si formano alla medesima maniera nella regione delle nubi, voglio dire per un freddo eccessivo che assale i vapori vescicolari, di cui sono esse nubi composte, debbono risultare tanto più grandi e folti, quanto detti vapori vi si trovano più affollati, e la nube o nebbia, che in fondo è la stessa cosa, più densa e serrata; al contrario più rari e sottili, in ragione che tai vapori vi nuotano più alla larga. Gli è perciò, che nelle regioni molto avanzate del Nord vedesi d'inverno, in tempo di fortissimo gelo, l'aria serena seminata di rari punti luccicanti che sono per così dire, atomi di ghiaccio, vapori sparsi congelati.

Una osservazione importantissima per la Meteorologia in generale, e pel nostro oggetto in particolare, ella è, che i vapori vescicolari sopportano, senza congelarsi, un freddo di gran lunga superiore a quello che stringe in ghiaccio l'acqua in massa, come han fatto osservare il Sig. de Saussure ne' suoi *Saggi d'Igrometria* e il Sig. De Luc in tutte le sue opere meteorologiche, ed io pure in più luoghi delle mie lettere già citate, particolarmente nella nona, e come è facile ad ognuno di convincerse-

ne. Si vedono sovente delle nebbie tener forte delle ore e dei giorni interi contro un freddo che fa discendere il termometro molti gradi sotto il punto della congelazione (*a*). Gli è allora, che i rami degli alberi e delle siepi, l'erbe, i pagliaj, le tettoje, e fino i capelli e i lunghi peli degli animali, incanutiscono, coprendosi di quella specie di brina o neve gelata, che abbiam poco sopra accennata: e ciò perchè le vescichette d'acqua ond'è formata la nebbia, e che libere e nuotanti nell'aria reggono ad un freddo così rigoroso, al contatto poi di un corpo solido parimente freddo, contro il quale si rompono urtando, e si risolvono in gocciole o fili d'acqua, cedono alla forza congelante, e formano le prime laminette, o sottili aghi di ghiaccio, a'quali, come a punto di appoggio, se ne attaccano mano mano degli altri, prendendo certe configurazioni proprie della cristallizzazione dell'acqua in questo stato. In tal maniera formansi talvolta de'lunghi fiocchi pendenti a guisa di trine o frangie, de' festoni lavorati come a filagrana, bellissimi a vedersi.

Quanto alle altre vescichette che restan lungi dal contatto de' corpi terrestri, e costituiscono le nebbie alte o sia le nubi, esse non gelano, come dicevamo or ora, non formano stellette o fiocchi di neve, se non quando un freddo che sorpassa di

(*a*) Ho veduto a Lione nel gennajo del 1802 durar la nebbia folta più giorni regnando un freddo di 12 e più gradi sotto il zero Reaumuriano.

molti gradi il termine della congelazione dell' acqua, vince tal loro inerzia, e le assoggetta finalmente a questa trasformazione, o quando l'urto de' venti spingendo le une contro le altre, avvien che le rompa. Talvolta ancora delle piccole goccie d' una pioggia straniera, portatavi sibbene da un vento, o versatavi da una nube superiore per avventura men fredda, o pure alcuni fiocchi di neve parimenti estranei che sopraggiungano, servendo di un punto d'appoggio, traggono seco la congelazione delle vescichette freddissime, che incontrano, le quali senza di ciò rimarrebbero nello stato in cui sono.

Ecco come si genera d' inverno la neve, per la temperatura freddissima (intendo molto al di sotto del o. R.) che regna in questa stagione ne' nostri climi all' altezza ordinaria delle nubi; (ne' climi più meridionali, ed anche tra noi d' estate non si genera che ad altezze corrispondentemente maggiori; tranne il caso di temporali in cui abbia luogo quel freddo accidentale straordinario, di cui abbiamo a lungo ragionato antecedentemente) : neve che cade subito o quasi subito dopo la sua formazione; le nubi non essendo temporalesche, cioè a dire non essendo animate da un' elettricità abbastanza vigorosa per sostenerne in aria i fiocchi, e farli saltellare lungo tempo; o non esistendo i due strati nuvolosi contrariamente elettrizzati, e a giusta distanza un dall' altro, per favorire una tal danza (*a*).

(*a*) Parlo quì come si deve intendere, di quelle nubi che per sola forza di freddo vengono costrette a formar

Non è così d' estate per que' temporali in cui l' elettricità si manifesta d' una forza prodigiosa; in cui l' evaporazione delle nubi inferiori promossa dall' azione del sole, in concorso delle altre circostanze da noi indicate, ha prodotto un freddo straordinario e di gran lunga superiore alla temperatura dell' aria, che occupano queste nubi, superiore

---

i primi stami, indi le stellette e fiocchi di neve, disposte altronde tali nubi a sostenersi e a non cambiare stato: il che non è di tutte nè sempre; giacchè ve ne hanno, che, o per il sopraggiungere di nuovi vapori, onde riescano troppo zeppe, o per altra causa che le condensi in alcuna parte di soverchio, o le agiti e commova internamente, o che porti comunque le vescichette, di cui constaño, ad una troppo grande vicinanza tra loro, e alcune fino al mutuo contatto, onde vengano queste a rompersi, o a perdere in qualsisia modo la loro forma; v' hanno, dissi, delle nuvole, e son forse le più frequenti, che non reggono ad un freddo appena più forte del o R.; bastando questo a convertirle in neve, che in tali circostauze di temperatura non freddissima cade sovente più copiosa che mai.

Si comprende da se, che le stesse cagioni portando a cozzar insieme e rompersi le vescichette delle nuvole, la temperatura delle quali sia e si conservi non già più fredda del detto zero, ma o tale appena, o un poco più calda, formerannosi in vece di stellette o fiocchi di neve, delle goccie che distilleranno in pioggia; e che in pioggia pure si risolveranno spesso i fiocchi di neve già formati, e fino i grani di grandine, ove in cadendo valicar debbano lunghi tratti di aria abbastanza calda per fonderli.

pur anche di molti gradi alla semplice congelazione dell'acqua, in somma bastante a soggiogare i vapori vescicolari, e stringerli in fiocchi di neve gelatissima; in cui in fine cotesti fiocchi rispinti vigorosamente dalla nube elettrica, a cui appartengono, sono attratti con altrettanta vivacità dalla nube superiore dotata, come vi è tutto il fondamento di credere, di un' elettricità contraria, indi rimandati alla prima che li ricaccia: e così per un tempo più o men lungo, anzi talora lunghissimo.

Egli è per effetto di questa danza e ballottamento, di questo lanciarsi su e giù, come ognuno può figurarselo, che i fiocchi di neve, primi rudimenti e base della grandine, come già dicemmo, prendono la forma vera di questa, vestendosi d'una ed altra lamina o crosta di ghiaccio, e figurandosi in grani più o meno solidi, più o meno rotondi, in parte opachi, in parte trasparenti. Rompon essi da prima le vescichette di qualche nebbia, o picciol nuvolo sparso, che incontrino sul loro passaggio; poi molte di quelle dei due strati nuvolosi medesimi di contrarie elettricità forniti, che percuotono con impeto, ed entro cui penetrano fino a certa profondità avanti esserne ricacciati; e così coll' acqua di tali vescichette rotte e disfatte, che si tirano indosso e che congelano, van crescendo di mole. S'aggiunge poi quella diffusa in istato non più di vapori nebulosi o vescicolari, ma di vapor elastico trasparente, in tutto il gran campo d'aria che è tramezzo ai detti due ampj tavolati di nuvole, elettrizzati contrariamente, come supponiamo; la qual aria così rinchiu-

sa, debb' essere non poco umida, e divenire, se non lo fosse, umidissima, satura cioè, o quasi, di tal vapore elastico, col tempo: con quest' altra acqua adunque, che si depone sopra i già formati granellini, per essere i medesimi molto più freddi di detta aria umida che attraversano, si coprono viemeglio di una pellicola, poi di altre ed altre, le quali vengono mano mano indurate in ghiaccio sodo e trasparente, mercè di detto freddo eccessivo che trovavasi originariamente nei fiocchi di neve nuda più che gelati, come ho spiegato sopra, e che ritengono anche già vestiti fino ad un certo segno.

Abbiamo un esempio del coprirsi per l'umido grande dell'aria, di una lamina o crosta di ghiaccio sodo, anzichè di brina, o di *givre*, alcuni corpi, come le colonne, i pavimenti, le muraglie, i vetri delle finestre, quando appunto avendo essi concepito, e ritenendo un freddo di alcuni gradi più forte del o. R. trovinsi esposti ad un' aria sciroccale, cioè assai più calda e molto umida senza però essere nebbiosa. Questo, che noi diciamo *gelicidio*, e i francesi *verglas*, è ben diverso dalla nebbia gelata (givre), la quale si forma, come vedemmo, dalla congelazione in figure vagamente cristallizzate dei vapori vescicolari freddissimi sopra i corpi per lo più men freddi di essi; dove al contrario il gelicidio nasce a dirittura dal disfacimento del vapor elastico diffuso nell' aria serena, il qual si depone precipitandosi, e forma uno strato o lamina unita sulla superficie de' corpi assai più freddi di esso e dell' aria, ed ivi vien tosto per tal freddo

rappreso ed indurato in ghiaccio. Ora nei grani di grandine, che mostransi più trasparenti che opachi, in cui sono più le croste durissime di ghiaccio sodo, che le parti bianchiccie, molli, o spugnose, appare che questa del gelicidio ha prevalso all'altra foggia di congelazione.

Cotai grani di grandine trasparenti e cristallini tutti fino ad un picciol nucleo centrale, opaco, e bianco, che scopresi, spaccandoli, essere vera neve, sono i più frequenti, e soglion essere tutti di questa sorte ne' fortissimi temporali, e quando cadono di un' insigne grossezza. Altre volte i grani, ancorchè di una mole considerabile, come nocciuole per esempio, si mostrano semi-trasparenti, od anche opachi, e biancastri in quasi tutta la sostanza, e appena in qualche parte cristallini, aventi però sempre il nucleo nevoso più o meno distinto. Questi grani, è da credere che siansi ingrossati massimamente colla congelazione successiva di vapori vescicolari, a foggia della nebbia gelata, di cui sopra. Ho vedute ancora delle grandini, in cui nella maggior parte de' grani si alternavano, cominciando dal nucleo nevoso, gli strati trasparenti solidi cogli opachi men duri e bianchi: il qual accidente s' intende benissimo dalle cose dette poc' anzi, come abbia potuto aver luogo. Finalmente compajono ancora, rarissime volte però, delle gragnuole di grani anzi piccioli che grossi, i quali non hanno neppure il nucleo nevoso, e che si presentano quai globetti intieramente solidi. Di queste avrò occasione di parlare ancora in seguito. Non sono poi mai i grani

di grandine, che si dicono sferici, di una sfericità perfetta; dalla quale se non si allontanano molto nella maggior parte dei casi, comparendo soltanto, od un poco ovali, o sferoidali alquanto compressi, altre volte ne si mostrano ora schiacciati sopra una faccia e quasi emisferici, or aventi più faccie, or a forma di lenti ec., per nulla dire di altre irregolarità più mostruose in certo modo, come quando si fan vedere angolosi, cornuti, od irti di più punte: i quali casi rarissimi concepir possiamo che nascano da fortuiti accozzamenti, dall' agglomerarsi ed innestarsi più grani in uno, ec., siccome di quelle altre irregolarità meno strane, di quelle compressioni, possono essere stati causa, o il troppo impeto con cui furon ballottati e lanciati, o dei colpi di vento, o qualche parzial fusione da essi sofferta, sia colassù tra lo danzare tumultuoso, sia vicino a terra, nel cadere framescolati a pioggia, od altro qual siasi accidente.

Tutte queste varietà di forma e di costituzione ne' grani di grandine si conciliano benissimo colla supposizione del saltellare e danzare che fanno lunga pezza cotesti grani quali essi sieno, mandati e rimandati dall' uno all' altro strato di nubi per largo intervallo di aria molto umida, sparsa fors' anche quà e là di altri nuvolotti rari, o piccioli volumi di nebbia, come già si è detto, e come ci possiamo facilmente figurare: si conciliano, ripeto, benissimo con tal supposizione, anzi non veggo come in altra maniera potrebbe spiegarsi l' ingrossamento sovente così grande di detti grani. Non facendo per tanto

più alcun conto di siffatte varietà, che nulla cangiano al fondo della cosa, e che al proposito della supposta danza la richiedono tutte ugualmente; ripigliando il nostro assunto, richiamando l'osservazione importantissima, che ciascun grano di grandine presenta comunemente, anzi sempre, eccettuato soltanto qualche caso rarissimo che abbiam qui sopra indicato, e di cui torneremo a parlare, una picciola massa bianca e spugnosa, talora anche grandicella, che ne occupa il centro, e che è vera neve. Questa osservazione della macchia bianca, o fiocchetto centrale ben distinto, è stata fatta già da lungo tempo, ed è notissima a chiunque ancora non è fisico, siccome ignorar non può chi lo è, l'origine e la qualità di neve che ritiene tuttavia là dentro a quella massa di ghiaccio solido che la involge e stringe.

Si convien dunque generalmente che de' fiocchetti di neve siano il primo elemento della grandine, la base di ciascun grano, di cui formino il nucleo. Ora io amo di rappresentarmeli cotali fiocchi di una neve straordinariamente fredda, cioè molto oltre il termine della semplice congelazione dell'acqua, come ho insinuato ch'esser denno in certi casi; amo di rappresentarmeli che danzano e saltellano tra due gran tavolati di nuvole elettriche contrariamente; che rompono con tal movimento impetuoso e tumultuante molti vapori vescicolari, che incontrano tra via, e molti ancora di quelli dell'istesse nubi da cui vanno e vengono cacciati e ricacciati con forza, e in cui perciò si affondano ogni volta più o

meno; che al di più si tirano addosso anche il vapore non vescicolare nebuloso, ma trasparente, sparso nell' aria molto umida, che attraversano; e che per tutte queste guise acquistano nuove e nuove incrostazioni di ghiaccio, come spero di avere abbastanza spiegato. Se costesto giuoco non dura che un breve spazio di tempo, ecco che ne viene a cadere una grandine, dirò così, appena sbozzata, formata di granellini minuti (somigliante a certi piccioli confetti di semi di curiandolo zuccherati) che chiamiamo *neve gelata*, e i francesi *greśil:* ordinario prodotto di certi temporali deboli e passeggieri. Al contrario, se il temporale si sostiene, se le nubi coprono lungo tempo il cielo, e mormorano inquiete, la maggior parte però immobili all' alto, le altre al di sotto più o meno vaganti, se non iscaricano la loro elettricità, che in parte; se durano un gran pezzo senza dissiparsi nell' aria, o diffondersi largamente ad altre parti dell' orizzonte, o senza precipitarsi quelle di uno strato sopra quelle di un altro, e confondersi insieme; se stazionario in somma e senza quasi cambiare il tetro suo aspetto mantiensi per delle ore il temporale; se il freddo straordinario, ciò che più fa, continua sempre tanto in esse nuvole, quanto nell' intervallo tra uno strato e l' altro: i grani di grandine in queste circostanze, ed altre favorevoli, che non saprei tutte annoverare, e ch' è difficile per altro che s' incontrino tutte, potranno giungere a forza di nuove incrostazioni ad una grossezza prodigiosa.

Egli è vero che richiedesi a tal uopo, per tener

sospesi cioè in aria e far saltellare così de' grani anche solo di mezzana grossezza, che son pure non poco pesanti, non che i grossissimi e pesantissimi, una forza elettrica di cui non abbiamo idea. Ma tale è effettivamente quella delle nubi ne' temporali, e in alcuni soprattutto. Per convincersene basta osservare come delle volte un nembo tempestoso, che non sarà ancora elevato sopra l'orizzonte 45 gradi, affetta già l'aria serena che sta sopra il nostro capo, in guisa che l' elettroscopio atmosferico, che noi alziamo ne dà dei segni sensibilissimi, e non solamente quando l'elettricità del nembo è della medesima specie di quella dell'aria, cioè *positiva;* ma ben anche quando ella è contraria, o sia *negativa*. Ognuno giudichi da ciò quale debba essere la forza elettrica di quegli ammassi di nuvole, che estendono così la loro sfera di attività a molte leghe di distanza; quale debba essere, dico, la forza tanto attrattiva, che repulsiva sui corpi vicini a norma dello stato in cui si trovano questi, o di niuna, o di omologa, o di contraria elettricità; e se essa non sarà valevole a cacciare e ricacciare da strato a strato i grani di grandine più pesanti che siansi mai veduti (elettrizzati essi pure alternativamente *in più* e *in meno*) con maggior facilità di quella, con cui noi facciam ballare le piume e le pallottole di midollo di sambuco co' nostri apparecchj, e la nostra meschina elettricità artificiale, la quale non estende che a pochi piedi la sua sfera di attività.

Ritornando al nucleo nevoso, non voglio dissimulare, che sovente i granelli di neve gelata (*gresil*)

di cui ho già parlato, e alcune volte pure anche i grani più considerabili di una vera grandine, si mostrano senza l'indicato nucleo o corpicciuolo bianco centrale, come ne ho già fatto cenno. Questi grani che costituiscono una specie particolare di gragnuola, io li credo col Signor De Luc juniore (che dimora a Ginevra, fratello del famoso autore delle *Ricerche sulle modificazioni dell' atmosfera*, e di tante altre opere, il qual vive a Londra), li credo prodotti originariamente da goccie vere di pioggia, cadenti da una nuvola superiore, che si sono agghiacciate nell' attraversar indi uno strato di nuvole inferiore freddissimo. Questo Fisico e naturalista illuminato, osservatore non meno attento e sagace del suo fratello maggiore, ha notato molto bene le circostanze del fenomeno rimarcabile, di cui si tratta; e si è assicurato un giorno (era verso la fine di autunno) che cadeva a Ginevra una grandine di tale specie, si è, dissi, assicurato che lo strato di nubi superiore che distillava una picciola pioggia, non era tanto freddo quanto lo strato inferiore, trovandosi questo effettivamente di alcuni gradi sotto il termine della congelazione, mentre l' altro superiore aveva una temperatura di qualche grado sopra tal punto.

Una tale osservazione non conferma ella l' idea che io mi sono formata, e su cui insisto tanto, del raffreddamento del primo basso strato di nuvole, mercè l' evaporazione che questo soffre, e che dà origine ad un secondo strato superiore? Il tempo essendo calmo io non veggo come si possa spiegare

altrimenti cotesto freddo più grande dello strato nuvoloso inferiore. Con tutto ciò, mi si dirà, è ben lungi che succeda sempre così: allorchè ci avviene di attraversare più di uno strato di nuvole, salendo sopra montagne molto elevate, i più alti strati ancorchè nuvolosi, trovansi d' ordinario i più freddi. Io non negherò questo: le nubi per se stesse sieguono la temperatura delle regioni d' aria che occupano; per conseguenza non è che nei casi, in cui la nuvola superiore si è formata a spese dell' inferiore preesistente, la quale ha sofferto una grandissima evaporazione, non è che in questi casi, che tale nuvola inferiore impoverita, può trovarsi più fredda della superiore, supponendo il tempo calmo; poichè se regnano dei venti di diversa temperatura, se han luogo delle correnti d' aria ascendenti, discendenti, ec. è facile comprendere come possa dominare accidentalmente uno strato d' aria temperato nella regione più alta, ed uno freddo nella bassa. Ora io son persuaso che in occasione di temporale, allorchè le nuvole inferiori minacciano la gragnuola, siano sempre queste le più fredde, freddissime anzi oltremodo, o si tratti di una grandine propriamente detta col nucleo nevoso incrostato da una o più lamine concentriche di ghiaccio, o si tratti dei minuti grani di neve gelata (*gresil*), o finalmente di quell' altra specie molto più rara, consistente in grani solidi e pieni, formati da goccie di pioggia gelatesi nella loro caduta, di cui or ora parlavamo. In quei temporali per tanto che sono, apparentemente almeno, preceduti ed

accompagnati durante la loro formazione da calma, scatenandosi i venti contrastanti e turbinosi solamente allo scoppiare della procella, in tali temporali dico, in cui appajono dal loro principio fino al maggior pieno quasi immobili gli ammassi nuvolosi, eppure vi si sta fabbricando ed ingrossandosi la grandine, non può credersi che il freddo oltremodo intenso delle nuvole più basse zeppe di tal grandine vi sia stato portato da alcun vento: e d'onde mai, se stato anche ve ne fosse senza farsi in alcun modo da noi sentire, lo piglieremmo cotanto freddo? Resta dunque, che all' evaporazione sofferta da esse nuvole, ad un' evaporazione estremamente grande e rapida nelle date circostanze, sia dovuto un sì prodigioso raffreddamento, la totale o parziale loro congelazione, ec., ciò che è stato uno de' principali miei assunti in questo scritto e nei precedenti (*a*).

(*a*) Vedi la lettera 8.ª e 9.ª

PARTE TERZA.



Ho ancora molte cose a dire in favore della mia supposizione esposta ne' precedenti articoli, dei due strati cioè di nuvole elettrizzati contrariamente l'uno all'altro ad un altissimo grado, massime il superiore, e separati da un intervallo assai grande: fra i quali io poi immagino che dei fiocchi di neve, da prima semplici e leggieri, indi più grandicelli, e rivestiti mano mano di lamine di acqua congelatesi sopra di essi, in virtù dell'estremo freddo de' medesimi, e cambiati per tal modo in vera grandine, sono cacciati sù e giù, e ballottati per lungo tempo; durante il quale non cessano d'ingrossarsi vie più per nuove incrostazioni di ghiaccio.

Quanto alla prima parte di questa ipotesi, che stabilisce tali strati presso a poco orizzontali; distinti e separati non solo, ma animati da opposte vigorose elettricità, se non in tutti i temporali, ne' più complicati almeno, e segnatamente in quelli, in cui vien fabbricata molta grandine, e portata ad un insigne grossezza, io potrei aggiungere alle già addotte, diverse altre osservazioni che molto la favoriscono, e sforzano, direi quasi, ad adottarla. Una di queste è quel passaggio frequente, e talvolta quasi

repentino dall' una all' altra elettricità contraria, che scorgesi negli elettroscopj atmosferici esposti a tai temporali: di che ho parlato già, riportando che fin 14 di tali inversioni di elettricità mi è accaduto di osservare nel tempo di un minuto. Ora non possiamo figurarci, che in così breve spazio si cambi tante volte la nuvola soprastante all' elettroscopio, e sottentrino alternatamente con tanta rapidità le une all' altre delle nuvole elettrizzate in senso contrario: e il figurarselo ancora sarebbe contrario al fatto, quando osserviamo, che la nube da noi esplorata è presso a poco stazionaria, o rimane immobile, che in somma è per lungo tempo la medesima. Non vi è dunque altra maniera, onde spiegare il suddetto avvicendarsi de' segni nell' elettroscopio, marcando esso un momento l' elettricità *per eccesso*, un momento dopo, quella *per difetto*, indi tosto la prima, poi di nuovo la seconda, ec.; fuori che supporre che possedendo la nuvola o lo strato di nuvole, verso cui s' alza esso elettroscopio, un' elettricità qualsiasi (verisimilmente la *negativa*) un' altra nuvola, od uno strato di nuvole superiore possegga l' elettricità contraria ad un grado molto più forte; per cui quando l' un nuvolo o strato si avvicina all' altro, e a misura che si accostano, l' atmosfera elettrica del superiore contrabbilanciando colla sua azione o sia elettricità *premente*, come da alcuni si chiama, l' elettricità contraria più debole dell' inferiore, va affievolendo mano mano la *tensione*, e i segni di questa, o li toglie del tutto, o avanzandosi più ancora, obbliga esso nuvolo infe-

riore a dar segni di quella elettricità contraria prevalente: così poi scostandosi i due strati, van mancando gradatamente questi segni di elettricità *accidentale* fino al zero; e più oltre risorgono e van crescendo quelli della *reale* contraria, ec.

Tutto ciò viene rappresentato benissimo con due piattelli elettrizzati artifizialmente, uno ad un debol grado *per difetto*, e montato sopra uno de' nostri elettrometri a boccetta, l'altro ad un grado più forte *per eccesso*, il qual tengasi isolato sopra, e parallelamente al primo a varie altezze. Quando il piattello superiore sta molto alto, l'inferiore dà segni di tutta o quasi tutta la sua elettricità *negativa*, che è poca, come dicemmo; ma a misura che quello si abbassa, o che alziamo verso di lui il piattello inferiore, scemano cotai segni in questo, finchè ad un certo punto di vicinanza cadono del tutto, ed a maggiore prossimità ancora vi sorgono quelli dell'elettricità contraria propria del piattello superiore. Nè è già che cotesta elettricità soperchiante vi si sia effettivamente comunicata; cioè che abbia avuto luogo una reale trasfusione: niente di questo (salvo che un troppo grande accostamento abbia provocato una qualche scarica od esplosione di scintilla); egli è per semplice *pressione*, o sia per la sola *azione dell'atmosfera elettrica* prepotente del piattello superiore, che viene costretto l'inferiore a dar segni di elettricità *positiva*, comunque ritenga ancora la sua *negativa:* in prova di che, ritirando gradatamente quel piattello superiore, van decadendo pure per gradi i segni nell'inferiore di cotal elet-

tricità *accidentale*, o *di pressione* fino al nulla, e fino al risorgere, a misura che cresce ancora l'allontanamento, i primieri segni della propria elettricità *negativa*.

Somigliante dunque possiamo figurarci, anzi dobbiamo credere che sia la condizione delle nubi temporalesche, quando l'elettroscopio innalzato verso l'inferiore loro strato, contro ad un nuvolo, che non si cambi già, nè venga altrimenti portato via da' venti (dei quali casi, che accadono sibbene, non parlo or qui), pur ce lo mostra che muta da un momento all'altro lo stato di sua elettricità, passando per gradi più o meno rapidamente, e talvolta quasi per salto, dall'una all'altra opposta. Ammessi i due strati, è facile immaginare che s'accostino e si allontanino vicendevolmente, or più or meno e a varie riprese; che ascenda o discenda or l'uno or l'altro, or si movano ambedue, quando avvicinandosi, quando scostandosi, spinti da venti o correnti d'aria ascendenti o discendenti (che sembrano infatti aver luogo di frequente ne' forti temporali), o variamente sollecitati dalle stesse forze elettriche, sì dispiegate da essi, che procedenti da altri ammassi di nuvole al di fuori ec., è facile rappresentarccli que' due strati moventisi su e giù, e come ondeggianti tra loro: e tanto basta per tutte quelle mutazioni di segni elettrici, di cui parliamo, che imitiamo così bene colle nostre sperienze de' piattelli, come si è veduto, e che in tutt'altra maniera sarebbero inesplicabili, ma intesi così, cessano fin anche di essere sorprendenti.

Un'altra osservazione molto pure favorevole, e conducente quasi per necessità ad ammettere i due strati nuvolosi contrariamente elettrizzati ne' temporali di cui si tratta, è quello che ho rimarcato già da molti anni, e che altri probabilmente avran rimarcato anche prima di me, cioè: che i temporali i quali vanno a scaricare e profondere grossa grandine, non soglion essere i più minacciosi e i più a temersi per riguardo a' fulmini, giacchè rarissimi son questi ove quella si prepara ed è imminente. E non è già, che non domini molto l'elettricità in sì fatti temporali grandinosi; che anzi il mormorar quasi continuo de' tuoni, e la frequenza dei lampi per assai lungo tempo, annunziano e mostranci evidentemente, che una prodigiosa quantità di fluido elettrico è messa in giuoco: eppure non avvengono scariche fulminee contro terra o poche, in tali circostanze, in cui parrebbe che dovessero essere frequenti. Ora si può render facilmente ragione di un tal fenomeno, tostochè si ammettono con me i due strati nuvolosi elettrizzati in senso contrario: basta dire, che siccome lo strato inferiore, dal quale si potrebbero temere i colpi di fulmine, rivolge allora la sua azione e forza principalmente verso lo strato superiore contrariamente elettrico; così le scariche si fanno dall'uno all'altro, anziche contro la terra; i nuvoli o si saettano fra loro, o con ampj e più facili trascorrimenti van ripartendosi lo stesso fluido fulmineo già cotanto sbilanciato: quindi quei lampi frequenti e quasi continuati: quell'infocamento che talora appare di questo o di quel

tratto, e fin di tutta la volta nuvolosa; quel mormorar sordo e come da lontano del tuono (*a*) (e ciò perchè gli scoppj accadendo al di sopra dello strato nuvoloso a noi più vicino, questo ne smorza il suono, che dee giungere al nostro orecchio); quel mormorar, dico, quasi senza intermissione; quel fremito del cielo e dell' aria, che ci atterrisce, e ch' io non saprei descrivere: sintomi tutti che minaccian grandine, e grandine copiosa.

Io ho per disgrazia molti esempi, sì antichi che recenti, ne' quali, dietro gl' indicati sintomi e qualche altra osservazione (come delle nuvole cinerizie vaganti sotto il gran' telone più o meno scuro; e ciò nelle ore vicine al mezzodì, nelle quali il sol più cocente ha potuto sferzare la faccia superiore del primo strato nuvoloso formatosi, è divenuto in seguito temporalesco), dietro tali sintomi, dico, ed osservazioni, ho pronosticata e indovinata pur troppo la caduta di grandini più o meno desolatrici (*b*).

(*a*) *Roulement du tonnerre* dicono i Francesi; ed è infatti un suono che rassomiglia quello di carri pesanti tirati sopra a delle strade lastricate, o a quello di grosse palle, che si faccian rotolare sopra alle soffitte.

(*b*) In questi stessi giorni, in cui ripigliato il lavoro già da 16 anni interrotto, sto compilando la presente memoria, cioè nel corrente Giugno 1806, contemplando dei temporali, ora vicini, ora lontani, giacchè sono sì frequenti in questi paesi e nei circonvicini, ho potuto indovinare e distinguere (triste indovino!) i grandinosi da quelli che non lo erano: triste indovino pur troppo anche per me! una di tali grandini e delle più rovinose, essendo

Il più rimarcabile di tali esempj, e in cui comparvero più spiegati i detti sintomi, è la grandine spaventosa caduta la notte del 19 al 20 Agosto dell'anno 1787, che ha devastate le campagne ne' contorni di Como in un'estensione di 30 miglia di lunghezza sopra 20 circa di larghezza. Il temporale non avea cessato di mormorare nel modo sopra descritto dalle 2 ore pomeridiane fino a mezza notte, allorchè succedette quell' orribile scarica di grandine sterminatrice; e durante tutto questo tempo, non cadde, che si sappia, alcun fulmine; non v' ebbe alcun luogo eminente o basso colpito; non si udirono neppure dei colpi di tuono spaventevoli od assordanti, quantunque l'elettricità delle nuvole fosse così grande, che i lampi erano continui ed estesissimi, e tutto il cielo pareva in fiamme, la sera massimamente, e nelle ore prime della notte. Tutto il giuoco di quest' immensa elettricità, tutte quelle scariche ed effusioni della medesima, succedevano dunque lassù all'alto, senza dubbio fra nuvole o strati di nuvole contrariamente elettriche, che si bersagliavano esse piuttosto che la terra. V'è poi tutto il fondamento di credere che la grandine abbia cominciato a formarsi durante il giorno, allorquando il sole saettava i suoi raggi sulla faccia superiore della nube che divenne utero e culla di essa grandine; quantunque

---

venuta a flagellare i contorni della villa poco lontana da Como, in cui mi trovava il fatal giorno (22 Giugno), e a devastare le mie poche vigne e campi.

questa non cominciasse a cadere che a notte innoltrata, cioè a 10 ore in alcuni luoghi, a 11 a 12 in altri, e in qualche sito più tardi ancora (a). Almeno egli è evidente per questa stessa dilazione di tempo osservatasi, che una gran parte dei grani, alcuni dei quali grossi come ovi di gallinaccio, e molti pesanti più di 9 oncie, han dovuto essere sostenuti in aria per delle ore. E che facevano essi mai colassù? s'ingrossavano, s'impinguavano, diciam così, saltando e danzando, come io penso, e come è facile di figurarsi, fra i due gran tavolati di nùvole, i quali elettrici contrariamente, se li ramandavano a vicenda, e rivolgevano le loro forze l'un contro l'altro; fino a tanto che scaricati questi strati nuvolosi in gran parte, e omai esausti di tali elettricità, che andavano vicendevolmente distruggendosi, e non avendo quindi più tanta forza da cacciare e ricacciare cotali grani divenuti troppo pesanti, han dovuto lasciarli precipitar sulla terra; e ciò a diverse epoche nei diversi siti, secondochè, corrispondentemente a diversi tratti di essi strati nuvolosi estesissimi, più presto o più tardi veniva a mancare cotal forza elettrica abile a sostenere la grandine in aria, e mantenerla in ballo.

(a) Ho voluto produrre questo esempio di grandine caduta a notte avanzata, in prova che sebben rarissime volte, conforme si è già fatto osservare, pur ne avvengono anche in tal tempo: nei soli casi però, come pare, in cui ha potuto formarsi essa grandine di giorno sotto l'azion potente dei raggi solari.

Quest' altra parte della mia ipotesi, che riguarda la danza, o sia il vivo e frequente saltellare de' grani di grandine, che ho descritto, e di cui mi prendo qualche volta piacere di rappresentarmene una bella immagine, gettando una manciata di leggieri pallottole fra due lenzuoli o tappeti tesi orizzontalmente un sopra l' altro ad una conveniente distanza, ed elettrizzati uno *positivamente*, l' altro *negativamente*, e mantenuti lungo tempo in tale stato di contrarie elettricità piuttosto forti; questa parte, dico, non meno curiosa che importante della mia ipotesi, confesso che ha bisogno ancora di prove, quantunque ella abbia in suo favore, oltre l'indicata bella rappresentazione, la teoria elettrica medesima, e ch' essa si accordi molto bene con molte circostanze ed accidenti rimarcabili che precedono ed accompagnano la grandine, come ho spiegato. Con tutto questo ella non va esente, il vedo, da qualche difficoltà; e altronde si trova appoggiata a sole congetture, molte in vero e plausibili, ma non ancora ad alcuna osservazione diretta che la dimostri, e la renda così evidente da non lasciar luogo a dubitare. Eccone però una che toglierebbe qualunque dubbio e finirebbe di convincerne, se essa fosse ben certa e confermata. Molte persone assicurano aver sovente inteso all' accostarsi della grandine, e sì anche un tempo considerabile avanti la sua caduta, un certo strepito o scroscio nella nube che comparivane carica, somigliante a quello di un mucchio di noci che venissero sommosse, oppur versate da sacchi. Se questo scroscio

pertanto non era l'effetto, come potrebbe sospettarsi, della grandine già cadente e percuotente la terra in altri luoghi più o meno lontani; se, come tali persone sostengono, si sentiva molto prima che essa grandine avesse cominciato a sfogare; se veniva tal rumore manifestamente dall' alto (*a*); è chiaro che ciò non potè essere altro che il ballo tumultuoso della grandine medesima, quale io lo suppongo, cioè il romore cagionato dalla collisione dei grani di questa, già grossi e solidi, dal cozzar fra loro nell' andar e venire in folla e in furia da un nuvolo all' altro cacciati e ricacciati più volte, prima di trapassare la nube inferiore, e venir a battere la terra cadendo.

Se qualcuno fosse così ardito di montare in un pallone aereostatico in mezzo ad un gran temporale, fino ad attraversare il primo strato nuvoloso, quale spettacolo imponente non gli offrirebbe il combattimento delle nubi, le varie loro incursioni, il fuoco elettrico versato a torrenti, cc.? Sarebbe egli allora a portata di osservare, di studiare ciò che ora c' interessa, la formazione della grandine, le sue modificazioni, i suoi movimenti: vedrebbe se quella specie di danza, quel saltellare su e giù dei

(*a*) Nell' articolo *grandine* dell' antica enciclopedia si parla pure di tale strepito proveniente dalla grandine, come di cosa nota; e si ripete dall' urtarsi che fanno in aria i suoi grani: non dubitando neppure l'autore, che quello strepito venga dall' alto, e che preceda la caduta di essa grandine sulla terra.

suoi grani spinti e rispinti da uno strato nuvoloso all'altro, che mi piace di supporre, ha luogo effettivamente, e fino a qual segno; vedrebbe se m'inganno in tali mie immaginazioni, o se colgo giusto, in qualche parte almeno. In mancanza di queste osservazioni nel seno stesso de' più fieri temporali, che niuno potrebbe intraprendere senza esporsi ad evidenti gravissimi pericoli, non ne abbiamo noi delle altre fatte da alcuni de' più intrepidi aereonauti in tempi meno procellosi, le quali possano in qualche modo supplire? Senza parlare del freddo eccessivo, che comunemente hanno essi incontrato nella regione delle nubi, io mi riporto a quello, che mi sovvengo di aver letto nelle relazioni di alcuni di cotai viaggi aereostatici, cioè, che quando ebber que' volatori toccato colla macchina aerea il primo velo di nubi, e penetrandole quinci vi furono immersi tanto d'averne già sorpassato uno strato o più, si trovarono con sorpresa involti da fiocchi di neve, quantunque non fosse inverno, e da piccioli grani gelati (*gresil*), che saltellanti percotevano da tutte le parti la stoffa del loro pallone e ne venivan rimbalzati; e ciò in un tempo, in cui non cadeva niente sulla terra nè di tai fiocchi nè di tai grani di neve gelata. Senza dubbio eran questi rudimenti od embrioni di grandine; e sembra che cotali grani fossero già dotati di un principio di quel movimento che li avrebbe fatti ballare e saltare con vivacità, nel modo ch'io ho descritto parlando della vera grandine, se in vece d'un temporale che potea dirsi appena iniziato, e in niun modo avvertito da-

gli abitanti della terra, si fosse trattato di un vero temporale, potente in elettricità, tuonante e, ciò che più fa al nostro caso, minacciante grandine rovinosa.

Dopo tutto questo bisogna pur convenire, che se non può dirsi ancor dimostrata, è resa sommamente probabile anche questa parte della mia teoria, che riguarda la lunga sospensione in aria e la danza sostenuta della grandine che va ingrossandosi. Le altre parti risguardanti l'esistenza delle due contrarie elettricità in nuvole o strati nuvolosi separati a varj intervalli, e il freddo intensissimo, onde è compreso uno almeno di questi strati, cioè l'inferiore, o sia quello in seno a cui formansi i fiocchetti di neve, primi embrioni di essa grandine, non han bisogno, mi lusingo, dopo le cose dedotte negli antecedenti articoli, di ulteriori prove. Non posso abbandonare questo soggetto senza risolvere alcune delle principali difficoltà, che non ho per anco prevenute, e rispondere a due o tre altre questioni. Come mai, dirassi, si può concepire che due strati nuvolosi contrariamente elettrizzati si tengano giustamente alla distanza richiesta per attrarre, e rispingere alternativamente da prima i semplici fiocchi di neve, in seguito questi medesimi intonacati di ghiaccio sodo, e trasformati così in grani pesanti di grandine, senza permettere loro di cadere a terra; e ciò per un tempo lunghissimo? Non è egli evidente, che tali strati di nubi attraendosi, s' accosterebbero e si confonderebbero ben tosto in una massa?

Si può rispondere a questa obiezione, che il nu-

volo inferiore non è attratto soltanto dal superiore elettrico contrariamente, ma ben anche dalla terra, particolarmente dalle montagne, dalle foreste, ec., alle quali veggiamo che le nubi si accostano e si attaccano di preferenza; e che in tal maniera può essere cotesto nuvolo inferiore contrabbilanciato; non altrimenti che può esserlo ancora il superiore da un terzo che lo attragga in senso contrario. In questo caso le masse dei due strati nuvolosi dotati delle opposte elettricità, dei quali si tratta, restando immobili, od in una semplice oscillazione, in quella specie di ondeggiamento, che abbiamo di già considerato (spiegando il sì frequente cambiarsi dei segni nell'elettroscopio atmosferico), le parti delle loro superficie interne cederanno sole alla tendenza mutua che le sollecita; esse si gonfieranno, soffrendo come una specie di flusso, se ne distaccheranno ben anche dei brani e fin dei grossi pezzi, che andranno su, giù, innanzi, indietro dall'uno all'altro strato a vicenda: ciò che faranno con molto maggior agilità frequenza e tumulto i fiocchi di neve e i grani di grandine, se ve ne hanno framezzo, picciolo essendo il volume d'aria, che ciascun di essi dee smovere. Imperocchè ecco ciò che ritarda il moto di andare e venire, sia di detti brani, sia di altre nuvole interposte, e soprattutto l'accostamento di uno strato intiero verso l'altro, quando pure tali moti hanno luogo, ed esse nuvole o strati non sono ritenuti da altre forze: egli è il loro gran volume, e quello dell'ampio strato d'aria intermedio, che resiste al suo spostamento, e fa che tali nubi

estese non possano avanzarsi l'una verso l'altra, che con lentezza più o meno grande.

Ma senza tutte queste considerazioni, il ritardo alla riunione delle nuvole contrariamente elettrizzate è un fatto di cui non si può dubitare, allorchè si osservano i cambiamenti dei segni elettrici dal *positivo* al *negativo*, e *viceversa*, più volte per tutto il tempo che dura quel tal temporale, cambiamenti che abbiam già fatti osservare: il che certamente non avrebbe luogo se le nuvole elettriche *in più* raggiungessero tosto quelle elettriche *in meno*, verso le quali tendono, e si riunissero in una sola massa. Questo ritardo è qualche volta così grande, che una tal riunione non ha luogo neppure a capo di molte ore, duranti le quali l'elettricità, o si dissipa altrimenti, o passa sibbene dall'uno strato nuvoloso all'altro, non però tutta ad un tratto, ma una porzione per volta, in virtù di scariche, sia romorose e sensibili, sia insensibili, per mezzo singolarmente dei corpi interposti che non cessano di andare e venire, e se non altro per mezzo de' sparsi vapori. Altre volte per lo contrario essa riunione si fa tosto o in pochi momenti, ajutata da un vento o da altra circostanza favorevole. Tosto o tardi che succeda, le nuvole aggiugnendosi l'una all'altra, o compenetrandosi in qualche maniera, e quindi le elettricità contrarie distruggendosi vicendevolmente, ne siegue d'ordinario un forte rovescio di pioggia, e la grandine, se ve n'era colassù, abbandonata tutt'ad un tratto al suo proprio peso, si precipita sulla terra.

Un'altra obbiezione potrebbe per avventura cavarsi da queste medesime osservazioni, che ho allegate in favore della mia ipotesi; le quali ci mostrano i nostri conduttori atmosferici in occasione di temporale, sia esso grandinoso o nò, elettrizzati ora *positivamente* ora *negativamente*: giacchè sembra che dovrebbero esserlo sempre *negativamente* nei grandinosi, s'egli è pur vero, che in cotesti temporali lo strato nuvoloso inferiore, quello cioè che trovasi più vicino alla terra, ha acquistato appunto un elettricità *per difetto* dopo la perdita dell' originaria *per eccesso*, a forma di evaporazione, come vuole tal mia ipotesi, e come ho spiegato ed ho cercato di provare con ogni maniera di argomenti. La sperienza, dirassi, è poco d'accordo con siffatta ipotesi; giacchè molte volte detto strato inferiore dà segni di elettricità *in più*, in vece di darli *in meno*. Ed io rispondo che anzi l'esperienza è favorevole; attesochè effettivamente l'elettricità *negativa* o *in meno*, è quella che domina comunemente, o che domina di più, in mezzo ai cambiamenti accidentali, ne' gran temporali, come i primi osservatori attenti dell' elettricità atmosferica lo aveano di già notato, e noi lo troviamo confermato ne' nostri giornali meteorologici.

Che se non di rado si mostra anche l'elettricità *positiva*, quand' anche si mostrasse tanto sovente quanto la *negativa*, il che non è; io posso sempre dire che altre cause han portato questo accidente: delle cause che non sono già immaginarie o gratuite, ma reali e provate, di cui noi conosciamo l'ef-

ficacia, e che sono giustamente capaci di produrre il cangiamento di cui si tratta. Io ho principalmente in vista l'azione delle *atmosfere elettriche*. Facciasi dunque che lo strato nuvoloso superiore elettrico fortemente *in più* discenda verso lo strato inferiore elettrico, giusta la mia ipotesi, *in meno*, ma più debolmente; o che questo ascenda verso quello; che s'accostino in somma più o meno: questo accostamento potrà esser tale, che la debole elettricità del nuvolo inferiore, venendo intieramente contrabbilanciata, cada del tutto; sarà allora uno di quei casi, che non sono già estremamente rari, in cui, in mezzo al forte di un temporale, si osserva come una sospensione di segni elettrici nel conduttore atmosferico, e l'elettrometro marca zero: potrà esser tale, che i segni di elettricità *in meno* vengano soltanto indeboliti, poco o molto: il che succede più spesso: e tale finalmente da farvi comparire quelli di un elettricità *in più, accidentale*, o come si dice *di pressione*; il che pure accade non di rado. Tutto questo lo abbiamo spiegato più ampiamente al principio di questa sezione e messo sott'occhio col paragone ancora di analoghe sperienze fatte coll'elettricità artificiale, coll'esempio cioè de' due piattelli elettrizzati, quel vicino od annesso all'elettrometro *in meno*, l'altro superiore portato a diverse distanze *in più* ad un grado più forte: e i cambiamenti e passaggi, spesso sì frequenti in certi temporali, dall'una all'altra elettricità opposta, imitati così bene con tali esperienze dei piattelli, ci hanno servito di prova dimostrativa

dell'esistenza in sì fatti temporali di due strati o ammassi di nuvole contrariamente elettrizzati. Riguardo però all'essere piuttosto l'inferiore che il superiore elettrico *in meno*, convengo che nulla potrebbe inferirsi nè da queste sperienze nè da quelle osservazioni. Ma le ragioni, e, posso dire, le prove altronde dedotte per istabilire che sia proprio l'inferiore strato quello, in cui ha preso luogo l'elettricità *negativa*, son tali e tante (raccolte nelle altre due sezioni di questa memoria, e sviluppate già in gran parte nell'ottava mia lettera sulla *Meteorologia elettrica*) che pare non se ne possa dubitare; e un indizio ne abbiamo ancora da ciò, che, come testè dicemmo, in mezzo ai varj cambiamenti che accadono duranti i grossi temporali, i nostri conduttori atmosferici soglion darci più segni di cotesta elettricità *negativa*, che della *positiva*.

Non è dunque un obiezione che valga contro l'elettricità *per difetto* delle nuvole inferiori, l'osservarsi talvolta, ed anche non di rado, segni di quella *per eccesso*; all'incontro n'è una conferma il vedere che si abbiano più spesso o più lungamente i segni appunto di essa elettricità *per difetto*. Altronde è troppo facile il render ragione dell'elettricità *di eccesso* soltanto *accidentale*, ossia *di pressione*, che vi appare: è facile, dico, renderne ragione, supponendo che vi sian giusto i due strati nuvolosi, quali li abbiamo considerati, nè più nè meno; i quali ondeggiando in certo modo, or s'accostino fra di loro, or s'allontanino, come pure si è da noi spiegato. Ma non può egli

darsi ancora, che sotto lo strato che era il più vicino a terra, e che per la grande e rapida evaporazione sofferta è passato all'elettricità *in meno*, si formin altre nuvole? Queste essendo allora, siccome di nuova formazione, elettriche *in più*, affetteranno parimente *in più* il conduttore atmosferico, salvochè siano contrabbilanciate o vinte dall'elettricità contraria dello strato che sta lor sopra. Di più egli non è impossibile, è anzi probabile, come accennato abbiamo fin dal principio di questa dissertazione, che in alcuni temporali vi siano più di due e di tre ampj strati, e in oltre altre nuvole sparse da molti lati, parte isolate e nuotanti, parte aggruppate ec. dotate esse pure di elettricità contrarie; e allora non può che succedere frequentemente, in mezzo ai combattimenti di queste nuvole, ai loro movimenti cagionati dalle attrazioni e repulsioni elettriche, dai venti ec., che ora l'elettricità di una, or quella dell'altra, mercè singolarmente l'azione delle rispettive atmosfere, diventi prevalente sopra le nostre teste o sopra la colonna d'aria, nella quale trovasi inalzato il conduttore Frankliniano. Per tal maniera s'intende anche più facilmente, che nella supposizione di due strati soli, come nel forte del temporale, allorchè il combattimento delle nubi e de' venti è più fiero, i movimenti di quelle più tumultuosi, i lampi frequenti, e le scariche fulminee fra le nubi medesime moltiplicate, si osservino in questo conduttore, e meglio nell'elettroscopio atmosferico portatile, dei passaggi e ritorni così frequenti e

quasi istantanei di una specie di elettricità all'altra: ciò che non succede, almeno con tanta rapidità, sul principio ed alla fine di questi medesimi temporali, nè durante il corso di quelli che sono meno strepitosi e men complicati, nei quali l'elettricità dominante, vuo' dire quella che si fa sentire al conduttore atmosferico, è per lo più l'elettricità *negativa*, come ho fatto osservare.

Ammettendo cotai temporali formati, come appare che ve ne siano realmente, di più strati od ammassi di nuvole variamente elettrizzati; sopra, sotto, e ai lati, e di altri gruppi ancora quà e là sparsi, può sembrare ch'io m'allontani troppo dalla primiera supposizione, di uno strato cioè inferiore elettrico *in meno* e di un superiore elettrico *in più*, paralleli all'orizzonte e fra loro; fra i quali danzino e saltellino lunga pezza cacciati e ricacciati con impeto i grani di grandine, come veggiam saltellare le pallottole di sambuco fra due piatti nelle sperienze nostre di gabinetto. Debbo dunque dichiarare ch'io ho formata tal supposizione e presentata tal immagine, e me ne sono valuto, come della più semplice, a far intendere la mia teoria: la quale vuole sibbene per la formazione e ingrossamento della grandine le due contrarie elettricità in due strati nuvolosi distinti, e l'indicata danza, prima di semplici fiocchi di neve, indi dei medesimi cresciuti per successive incrostazioni di ghiaccio a' veri grani di grandine mano mano più grossi; ma non esclude altri strati ed altre nuvole in qualsisia numero, posizione, e forma: nè esige di necessità il supposto

esatto parallelismo dei due strati; giacchè possono benissimo essere mandati e rimandati i grani suddetti, piccoli o grossi, e mantenersi lungamente in ballo tra due strati inclinati all' orizzonte e fra loro, siccome pure possono sostenersi librati in aria entro al recinto di molte nubi diverse e diversamente collocate, oscillar, saltellare; possono lanciati sù, giù, di quà, di là da un corpo di nuvole all' altro, intrecciar varie danze, per più o men lungo tempo.

Checchè ne sia di tali temporali così complicati, supponendoli anche più frequenti di quel che sono, penso che non sien rari quelli, che ho presi per esempio, e posti come per tipo, cioè di due strati presso a poco paralleli, separati da giusto intervallo, ed elettrizzati contrariamente l'inferiore *per difetto*, il superiore *per eccesso*: di due soli strati, dico contando per nulla qualche straccio di nube interposto, qualche piccol nuvolo al di fuori, ed anche qualche gruppo lontano.

Mi si domanderà forse s'io riguardi la disposizione delle nubi in due o più strati separati, e l'elettricità contraria, fra due almeno, come condizioni essenziali alla costituzione di un temporale. A questa domanda rispondo tosto, che io non pretendo ciò; che credo anzi possibilissimo, che come se ne compongono anche di più di due strati, conforme or dicevamo, così pure se ne formino di un solo ammasso nuvoloso unito e dotato tutto di un' elettricità omologa, purchè sia questa assai forte; ma che siffatti temporali, fuori di qualche lampo e tuono, senza dei quali non sarebbero neppur chia-

mati temporali, offrir non potrebbero quel gran numero di accidenti variati, che si osservano d'ordinario nelle vere tempeste: che la loro elettricità si mostrerebbe costantemente di una sola specie, cioè a dire o *positiva* o *negativa* dal principio alla fine, variando soltanto nell'intensità; ciò che non succede quasi mai ne' gran temporali: che potrebbero bene aver luogo delle scariche fulminanti fra una tal massa di nuvole temporalesche unite e la terra, in una parola, dei veri fulmini; ma non que' scoppi di tuono frequenti e ripetuti, quei sentieri o strisce di luce vivissima, e a zigzag, quasi ad ogni momento, effetti delle nuvole che si bersagliano e fulminano tra di loro: che tutt'al più comparirebbero colassù de' lampi e dei trascorrimenti di luce da un capo all'altro dell'unico telone nuvoloso, in occasione e al momento di una forte scarica contro la terra (in quella guisa che ne compaiono sopra una lunga e larga tavola cosparsa e come seminata di sottili e rare limature metalliche, od anche di minute goccie d'acqua, allorchè un torrente di fluido elettrico attraversa questi conduttori imperfetti, o sia interrotti da piccoli interstizj) che finalmente codesti temporali semplici ed uniti, ne' quali, o non vi fosse separazione di nuvole in differenti strati o gruppi, od essendovi non s'incontrasse contrarietà di elettricità fra essi, non potrebbero produrre una grandine a grossi grani, o molto difficilmente: difficilmente, dico, una grandine molto grossa; giacchè per una piccola o mezzana, per il *gresil*, e qualche

cosa di più, può forse bastare quella repulsione e sospensione de' grani, che anche un sol telone nuvoloso fortemente elettrico è valevole a produrre; come sul principio ho voluto supporre, prima cioè di entrar a parlare dei due strati contrariamente elettrici. Ecco ciò che io penso riguardo ai temporali in generale e sull'articolo della grandine in particolare, che è il principal soggetto di questa memoria.

Si domanderà ancora perchè non succedano quasi mai temporali d'inverno, almeno nelle nostre regioni; di quei temporali, vuol dirsi, che sono accompagnati da grandi tuoni e da frequenti lampi e saette, segni manifesti di una quantità e forza stupenda di elettricità messa in giuoco in una maniera straordinaria: manco poi ne succedano con grandine massiccia e pesante. Al che è facile di rispondere, che nè questo giuoco nè questa prodigiosa accumulazione di elettricità possono aver luogo, o molto difficilmente, in tale stagione; e ciò in conseguenza di molte circostanze sfavorevoli, che sono le seguenti.

1.° La quantità dell'evaporazione giornaliera, intendo dei vapori elastici che si sollevano da terra e portano il fluido elettrico ch'essi si sono appropriato nella regione delle nubi, è molto minore nell'inverno che nelle altre stagioni; onde le nuvole medesime non riescono allora nè così grosse, nè così dense, nè in conseguenza così elettriche come que' nuvoloni scuri in primavera e in estate, che diventano temporaleschi.

2.° Questa medesima regione trovandosi più bassa d'inverno, le nubi vengono più facilmente spogliate di quella qualunque elettricità di cui trovinsi provvedute, dai conduttori terrestri, dalle montagne, dagli alberi ec., che attraggon quelle e smungon questa.

Aggiungasi per 3.°, che una tale sottrazione di elettricità è facilitata e promossa dall'interposizione di un'aria comunemente più umida in quella stagione, dalle nebbie, che giungon sovente fino a terra, e dalle pioggie frequenti.

4.° La durata delle notti, tempo nel quale in tutte le stagioni il fluido elettrico viene ricondotto e restituito alla terra, mercè appunto dell'umido notturno e particolarmente delle rugiade, essendo molto lunga nell'inverno, contribuisce pur molto al ristabilimento dell'equilibrio di elettricità fra l'aria più o men alta, e la terra; di maniera che non si accumula essa elettricità nella region delle nubi un giorno dietro l'altro, e per molti di seguito, come succede spesso in primavera ed in estate.

5.° Nel breve corso di ciaschedun giorno invernale i deboli obliqui raggi del sole non producono in così grande abbondanza quell'evaporazione secondaria, cioè della parte superiore delle nuvole, ch'essi percuotono: evaporazione che ha tanta parte, e giuoca così bene, secondo me, nella formazione de' temporali, e particolarmente della grandine.

6.° Finalmente quel poco ancora di vapori elastici che si producono in tal modo, non si sollo-

vano molto, obbligati dal freddo e dall'aria umida anche sopra a condensarsi di nuovo abbandonata appena la nuvola onde son sorti, se non anche prima di abbandonarla del tutto; ciò che li porta a riunirvisi; cosicchè è difficile che si formino d'inverno i due strati di nubi da me voluti, collocati cioè a giusto intervallo, ed elettrizzati contrariamente l'uno all'altro, difficile che si formino varj ammassi o gruppi separati, ed elettrizzati pure diversamente. Non si vede in fatti d'ordinario in quella stagione, quando il Cielo è coperto, che un sol telone o strato nuvoloso unito, più o meno esteso: e quando è in parte coperto, in parte sereno, ciascuna nuvola appar semplice, di un sol volume cioè o strato, non sormontata da altro strato disgiunto, a foggia di quelle che osserviamo d'estate ne' temporali, o già formati, o che vanno a formarsi. Tali nuvole poi semplici, che regnano d'inverno, appunto perchè semplici, soglion dare segni costanti, avvegnachè deboli, di elettricità *in più*, che è l'elettricità originaria delle nubi egualmente che delle nebbie, l'elettricità che risulta immediatamente dalla condensazione dei vapori, come sappiamo.

Non voglio dissimulare che si presentano anche d'inverno, sebben di rado, alcuni nuvoli più scuri, e più fortemente elettrici, fra i quali ve ne ha talvolta che lo sono *in meno*. Son questi d'ordinario nuvoli che vanno a portarci della neve, nuvoli che hanno qualche cosa di un aspetto temporalesco. Nondimeno, come la loro elettricità

non è ancora abbastanza potente per sostenere in aria i fiocchi di neve, e come poi manca quell'altro strato superiore di nubi separato da un giusto intervallo, ed elettrizzato in senso contrario, capace di attrarre e repellere alternativamente per un tempo abbastanza lungo questi fiocchi, di ballottarli, di far loro fare la descritta danza (*danse des pantins*), ecco che cadono essi quali sono al momento di lor formazione, o poco dopo, senza aver potuto rivestirsi di lamine d'acqua congelata, e formare con ciò dei grani di grandine; tutt'al più giungono, e ciò solamente allorchè l'ammasso di nuvoli ha un poco più l'aria temporalesca, a convertirsi in quella specie di granellini gelati (*grésil*), che è media fra la neve e la grandine: fenomeno che, rarissimo esso pure d'inverno, accade più sovente in primavera ed in autunno, come è facile comprendere da ciò, che or ora si è detto.

Ecco come si può render ragione del comparir così di rado temporali nell'inverno (*a*), e del non

(*a*) Ho avvertito sopra che intendo parlare delle nostre contrade; noto essendo che in alcune altre regioni, singolarmente marittime, infieriscono i temporali anche d'inverno: dei quali voglionsi accagionare i venti procellosi che regnano colà in quella stagione; venti che apportano diverse temperature a varie altezze, e ora ammassando nubi sopra nubi, e addensandole oltre modo, ora spezzandole, ora disciogliendone gran parte con forzata evaporazione, poi di nuovo costringendone i vapori, e quindi nascer facendo

cadere mai, o quasi mai una vera grandine in tale stagione; quantunque cada tanta neve, che è per se stessa sì vicina, e, diciamo pure, parente della grandine medesima, tanto per la sua origine quanto per la sua costituzione; che è in somma il suo primo rudimento e la sua base. Ma d'onde viene, si potrebbe ancora domandare, che ne cade rare volte anche in mezzo ai più forti temporali nelle altre stagioni: e che non ne cade mai o quasi mai in molti paesi? Parrebbe in fatti, non considerando che superficialmente le spiegazioni che io ho date della formazione e della ritardata caduta della grandine, per cui ha luogo il suo ingrossamento, che un gran numero di temporali, anzi la maggior parte, dovessero portarcene in quantità, e di una grossezza più o meno grande: ciò che per fortuna non accade, essendo anzi rari i casi funesti.

Ma convien riflettere meglio, e richiamarsi quante circostanze sono richieste perciò; le quali difficil-

---

per diverse maniere, forti e contrarie elettricità, fabbricano, dirò così, estemporaneamente que' temporali. Or non fia meraviglia se per simili accidenti avvenga, anche fra noi un qualche temporale, come in altre stagioni, così pure d'inverno. Tali casi rarissimi e tali temporali son fuori del nostro soggetto. Quelli di cui trattiamo sono i temporali più frequenti e comuni, che, preceduti anzi per lo più da calma, sorgono d'ordinario e si lavorano, almen da principio, nel silenzio, segnatamente i grandinosi, i quali non sogliono accadere d'inverno per le ragioni addotte quì sopra.

mente possono incontrarsi tutte ad un tempo, come abbiamo già fatto osservare: circostanze che non sono già richieste per tutti i temporali (bastando un sol nuvolo denso e ridondante di elettricità a segno di dar qualche tuono o lampo, per costituire un piccolo temporale; ed uno, o più gruppi, od un più ampio ammasso di tali nuvoli collocati e disposti in qualsisia modo, animati però di un' elettricità strepitante, per que' temporali più grandi ed estesi che recano maggiore spavento), ma che si ricercano, secondo me, perchè nel temporale vada formandosi ed ingrossando la grandine. Primieramente adunque vi bisogna un' evaporazione abbondantissima e rapidissima di un primo strato di nuvole assai denso, una evaporazione tale, che da una parte basti non solamente a distruggere l' elettricità originaria *in più* di questo strato, ma a portarlo fin anche ad un grado assai forte di elettricità *in meno;* e dall' altra parte giunga a raffreddarlo potentemente ad un grado, che appena possiam concepire, fino cioè a congelare una quantità considerabile delle sue vescichette, ed a formarne de' fiocchi di neve freddissimi, vale a dire, molto al di sotto del termine semplice del ghiaccio; come ho fatto opportunamente rimarcare, insistendo anzi molto su tal punto. In secondo luogo debbe aver luogo, ed effettuarsi una nuova condensazione dei vapori, che si sono innalzati in forma elastica dal detto primo strato nuvoloso, in guisa che se ne formi un secondo superiore dotato di una forte elettricità con-

traria, cioè *in meno*. Per terzo questi due strati contrariamente elettrici debbono trovarsi da principio ad una distanza che non sia nè troppo grande nè troppo piccola; e, ciò che è più difficile ancora, mantenersi lungo tempo ad un tal intervallo giusto, malgrado la mutua attrazione che tende ad approssimarli, ed a ricondurne l'equilibrio di elettricità colla loro riunione mediata od immediata. Finalmente debbono conservare le loro respettive elettricità, non perderle troppo presto, od in gran parte, sia con delle scariche immediate dell'uno contro l'altro, sia per mezzo di altri nuvolotti, brani di nuvole, che vanno e vengono da uno strato all'altro, o s'infilano facilmente in modo di stabilire una catena di comunicazione fra essi strati: giacchè se le loro elettricità opposte non si mantengono in forza per assai lungo tempo, i fiocchi di neve prima, poi i grani di grandine sbozzati non potranno continuare la loro danza fra i detti due strati (danza che deve forse durare per delle ore, a fine di dar luogo alla loro formazione compita, al loro ingrossamento per via d'incrostazioni successive); essi non potranno neppure essere sostenuti, e cadranno sol mezzo formati; sovente non caderanno neppure in questo stato fino a terra; ma bene fusi in grosse goccie: quale ci giunge sovente la prima pioggia in goccioloni rari e molto elettrici, da certi temporali minacciosi, ma passeggieri.

Così è: queste grosse goccie isolate vogliensi riguardare, in molti casi almeno, come altrettanti

piccoli grani di grandine liquefatti durante la loro caduta attraverso l'aria calda, che si trova fra la terra e lo strato nuvoloso inferiore. Ed ecco perchè non cade giammai quella piccola grandine imperfetta, che ha nome presso noi di *neve gelata* (*gresil*) in estate ne' climi caldi, come il nostro: giacchè ne' climi più freddi questa minuta gragnuola è frequente, anche in estate, potendo attraversar l'aria senza fondersi. Da noi al contrario in tempo dei forti calori non vi sono che i grani di grandine di una certa grossezza e consistenza, che possano giungere fino a terra, senza venire intieramente squagliati.

Ciò che ho detto quì de' piccioli grani di grandine, si applica così facilmente ai semplici fiocchi di neve, che non ho bisogno di trattenermi per rispondere in particolare a quest' altra questione che è l'inversa della precedente, in cui si cercava perchè non cada grandine da noi in tempo d'inverno. È perchè dunque non cade egli mai neve in estate, quando pur è manifesto che se ne forma, singolarmente in certe nubi temporalesche, e che fiocchi di neve, come tante volte si è detto, sono gli embrioni della grandine, ciascun grano di essa presentandoci un nucleo nevoso? La risposta è la medesima della sopra recata: il calore dell'aria nella bassa regione, che può fondere e fonde sovente i piccoli grani di grandine, non può mancar di squagliare molto più facilmente i semplici fiocchi di neve, quando avvien che cadono prima di essersi into-

nacati di una lamina solida di ghiaccio abbastanza grossa; non è che in quest'ultimo caso, in cui abbian preso una consistenza e grossezza considerabile, che possono sostenersi contro il calore degli strati d'aria più bassi, in guisa di arrivare fino a terra tuttora agghiacciati.

Questo scioglimento dei fiocchi di neve, ed anche dei grani di grandine più o men piccoli in goccie d'acqua cadendo, che si capisce così bene, è spesso visibile in tempo pur d'estate, allorchè durante una pioggia temporalesca che bagna la pianura e le falde di un monte ne osserviamo le sommità e il dorso, che s'imbiancano a vista d'occhio, coprendosi sia di grandine, sia di neve, mentre al basso non giunge che mera acqua.

Rimarrebbero ancora alcune altre questioni, e molte ulteriori osservazioni mie intorno ai temporali; ma siccome non riguardano la grandine, che è il soggetto della presente dissertazione, divenuta già troppo lunga, così le rimetto ad altra occasione. Spiegherò allora come si producano talvolta de' temporali, anche fieri, con lampi e tuoni orrendi, in seguito di forti pioggie, e sì continuate per giorni intieri; quando parrebbe ch' esse avessero dovuto ricondurre l'equilibrio di elettricità fra le nubi e la terra, anzichè romperlo. Più poi mi tratterrò intorno ad un certo periodo, che affettano i temporali, se non da per tutto, in questi nostri paesi montuosi: intorno, voglio dire, a quella tendenza che hanno a ri-

prodursi di nuovo e comparire molti giorni di seguito, verso la stessa ora, e, ciò che è più rimarcabile, presso a poco in quell'istesso tratto di cielo, che già occuparono. Mi farò quindi a cercare d'onde proceda quel vento freddo, e (cosa mirabile) secchissimo, che suol succedere ad alcuni temporali molto dirotti, e che hanno maggiormente sfogato in pioggia e in grandine.

SOPRA

L'AURORA BOREALE



LETTERA

IN REPLICA AD UNA DEL SIGNOR DOTTOR

PIETRO ANTONIO BONDIOLI

LETTERA (1)

Sopra l' Aurora Boreale.

Ricevetti l'obbligantissima Lettera di VS. Ill. con varj esemplari dell' eccellente sua Dissertazione sull' Aurora Boreale verso la fine di giugno di quest'anno (1791), quando io stava in procinto di partire da Pavia per un piccolo giro nello Stato Veneto, d' onde non è molto che fui di ritorno a Milano, e quinci a Como mia Patria ove penso di godere il resto delle vacanze. Ecco la principal ragione, per cui ho differito tanto a risponderle, ed a ringraziarla, come si conviene, sì del dono, che dell' onore fattomi.

Non posso spiegarle quanto piacere m' abbia cagionato la lettura di questa sua bellissima produzione, massime veggendo che VS. Illustr. adotta i miei principj sull' origine dell' Elettricità atmosferica, e conviene meco in tutto e per tutto nell' applicazione de' medesimi. Tanto Ella dichiara, o poco meno,

(1) Estratta dal Tomo primo dei Giornale Fisico Medico del Sig. Brugnatelli pag. 66.

nella favoritissima sua Lettera, dicendo che da me riconosce il fondamento delle idee, che le son nate. Se non che sembrerebbe voler dire con ciò, che i principj son ben miei, ma l'applicazione tutta sua, o in gran parte: siccome pare che voglia pur fare intendere nell'Operetta stessa pubblicata, qualificando la spiegazione che dà dell'Aurora Boreale col nome di nuova teoria. Mi permetta però di mostrarle come trovasi tra noi un pieno e perfetto accordo, non solo riguardo ai principj in generale, ma per ciò ancora che concerne in particolare l'applicazione al soggetto di cui si tratta.

In prova di questa intiera conformità, tralasciando molti altri argomenti, dirò solo, che dal primo momento (e fu nel 1782) che scopersi e verificai con replicate sperienze, a VS. Illust. ben note, come l'acqua trasformandosi in vapori, e sì in vapori elastici, si arricchisce di fluido elettrico a spese dei corpi medesimi da cui evaporando si stacca, indi anche a spese de' primi strati d'aria attraverso di cui essi vapori salgono, e di altri corpi, che per avventura incontrano tra via: e da questo fatto bastantemente comprovato concluder volli: 1.° che, coll'assumere tale nuovo stato di vapore espansibile, ossia di fluido elastico, venga essa acqua ad acquistare maggiore *capacità* di contenere il fluido elettrico, siccome ne acquista una maggiore per contenere il fluido calorifico; 2.° che in virtù di tale accresciuta capacità esso fluido elettrico depredato, e appropriatosi dai vapori non venga già subito a manifestarsi con segni di positiva elettricità, ma reso

in certo modo anch' esso *latente*, non altrimenti che il calore, e ridotto alla quiete d' equilibrio, aspetti a farlo, cioè a produrre i consueti effetti del rotto equilibrio per ridondanza, fino a che, condensati essi vapori dal freddo, o da qualsisia causa, e preso l'abito aeriforme, perdan'anche quella straordinaria capacità, che acquistata avevano: fino dal primo momento, dico, che ebbi fatta quella scoperta, e credei di potere stabilire queste leggi, o principj analoghi alla dottrina del *calor latente*, non mi restò più dubbio che siffatto giuoco e funzione de' vapori non dovesse essere se non l'unica, la principale e primaria causa della *naturale elettricità*, cioè di quella che viene a suscitarsi da se negli strati più o men alti dell' atmosfera, or debole, or forte, e che in qualche grado vi domina sempre, almeno a certa distanza da terra.

La formazione dunque de' vapori al basso, e la loro condensazione nelle più o men alte regioni dell' aria, io tenni per cagione prossima tanto della blanda e tranquilla elettricità di ciel sereno, quanto della strepitosa de' temporali, e della mediocremente forte delle nebbie e delle nuvole non temporalesche, delle pioggie e della neve ec., in somma di tutto quel che fosse *Elettricità atmosferica*; per conseguenza anche delle *Aurore boreali*, in caso che fosse ben provato non altro esser queste, che fenomeni di naturale elettricità: la qual cosa, a dir vero, non mi pare abbastanza dimostrata, e posta fuori di dubbio. VS. Illustr., come scorgo, ha letto e considerato, tanto l' *Appendice* alla mia

Memoria sul Condensatore (*a*), nella quale, gettando i primi fondamenti di questa teoria dell' Elettricità atmosferica, m' avanzai a dare pur anche un saggio di applicazione ai principali fenomeni della medesima; quanto le mie *Lettere sulla Metereologia Elettrica*, nelle quali ho sviluppato già molte cose relative a tal soggetto, e molte più mi propongo di svilupparne nella continuazione delle medesime. Ella ha potuto quindi vedere, come non solo i fenomeni ordinarj dell' Elettricità atmosferica a ciel sereno e a ciel nuvoloso, tempestoso ec. ma sibbene l' elettricità fulminante, e tutta, dirò così, terrestre, che accompagna l'eruzioni vulcaniche (*b*), e la non fulminante, ma pur vigorosa, delle cascate d' acqua, e quindi dei forti rovesci di pioggia ec. vengo spiegando coi da me proposti principj intorno all' elettricismo che fan nascere i vapori or diffondendosi or condensandosi (*c*). Nell' ultima delle citate lettere finor pubblicate, che è la 9.ª, in seguito ad un' idea data nella precedente della formazione, ossia nascita e progressivo aumento di un temporale, ho cominciato a parlare della grandine; ma trattenendomi in gran parte di cotesta lettera a confutare diverse erronee opinioni, singolarmente quella della strana altezza da cui vor-

(*a*) Vedi la pres. Collez. Tomo I, Parte I, pag. 270.
(*b*) In fine dell' *Addizione* alla citata Memoria.
(*c*) Vedi le lett. 7.ª e 8.ª

rebbesi da molti Fisici far venire la gragnuola, per dar luogo, sì alla sua congelazione, che al mirabile ingrossamento dei suoi grani, ho detto ancor poco pochissimo circa l'influsso ed azione dell'elettricità sulla di lei formazione e sopra tale ingrossamento, e nulla ho detto (riservando ciò per il seguito) su quanto immagino io, e tengo ormai per certo, cioè che gli embrioni della grandine, i quali soglion esser fiocchetti di neve, indi i grani stessi già formati e solidi rimangano per lo più sospesi e saltellanti fra due strati di nuvole collocati un sopra l'altro a conveniente distanza, e contrariamente elettrici; e ciò, se accade, per delle ore: durante la qual danza elettrica vadano essi grani rivestendosi di nuove lamine di ghiaccio, e s'ingrossi così mano mano la loro crosta. Questo bel giuoco è assai curioso dei grani di grandine, che vanno sù e giù frequenti e tumultuosi tra due quasi tavole di nubi, giuoco da me immaginato per render ragione del più difficile a intendersi dei suoi fenomeni, che è la tanta grossezza a cui pervengono non di rado tali grani, la qual grossezza altronde non può dirsi che acquistino nel solo intervallo di loro caduta, conforme l'opinione della comune dei Fisici, giacchè non è vero, come essi gratuitamente suppongono, che proceda e d'arrivi a noi la grandine da tanto alto, quanto a tal uopo richiederebbesi, che anzi l'osservazione ne addita esser d'ordinario le nubi grandinose tralle più basse: questo bel giuoco, dico, questo saltellare e danzare dei grani di grandine dapprima piccolis-

simi e nevosi, indi più sodi, e via via ingrossantisi, e varj altri sintomi della medesima, e dei temporali in genere ed in specie, come la periodicità e ritorno giornaliero di parecchi a certi luoghi e tempi, il vento freddo e secchissimo, che succede a quelli dei temporali, che hanno scaricato abbondante gragnuola ec. fanno il soggetto della seguente lunga lettera (1), che non ho data ancora da pubblicare, cui però tengo preparata già da tre anni passati, e che appunto in settembre 1788 comunicai e lessi io stesso ai Sigg. Saussure, Pictet e ad altri amici a Ginevra.

Or dopo esaurita la materia dei temporali, mi leverò nelle susseguenti lettere (che ho già in molta parte abbozzate) più in alto, cioè alle *Aurore boreali*, che appartengono di certo alla Meteorologia, e si può credere con qualche probabilità alla *Meteorologia elettrica*, se non in tutto, in parte almeno.

Dico probabilmente, e forse solo in parte, perchè a formare un'accertato giudizio, che le Aurore boreali sian veri e semplici fenomeni elettrici, mancano le prove sicure e dirette, e solo abbiamo argomenti d'analogia: nè questa analogia pure, fondata sopra quante si vogliono apparenze

(1) Pare che il Ch. Autore si sia servito dei materiali della lettera che quì promette, per compilare la Memoria precedente, la quale abbiamo posta avanti questa lettera per la stretta connessione ch'essa ha colla nona.

e somiglianze, le quali potrebbero essere soltanto imponenti, può dirsi compiuta, come mostrerò forse prima di finire la presente. Intanto dirò a VS. Illustr. che una parte dell' anzidetta continuazione di lettere, e singolarmente quella che tratta del presente argomento, è già stesa, non che abbozzata, da quattro e più anni, alcuni squarci della quale furono da me inseriti e letti in un discorso, che tenni, ha più di un anno (a) in una delle nostre pubbliche adunanze per occasione di una promozione Accademica. Comincio in quella scrittura dal confutare, non senza qualche tocco di satirica derisione l' opinion di coloro, i quali ogni ignea meteora attribuiscono senza criterio e distinzione al fluido elettrico, segnatamente le *Stelle cadenti* o i *Bolidi*, ossia globi volanti di fuoco, e ogni fatta di *fuochi fatui*, e per poco non gli attribuiscono e tremoti ed eruzioni vulcaniche e le fiamme dei terreni ardenti; che infatuati solo d'elettricità, ogni favilla, ogni fiamma, che lampeggi in Cielo o in Terra hanno per fuoco elettrico. Indi passando alle Aurore boreali, dico ivi, come dico anche quì, non esser provato abbastanza, e in niun modo constare, che esse provengano da elettricità, e neppure che abbian questa per concomitante. Soggiungo però che inclino a crederlo, stante la non piccola somiglianza, che ravvisiamo nelle fulgurazioni di coteste Aurore, coi bei getti e lampi e

---

(a) Li 12 Giugno 1790.

trascorrimenti di fuoco elettrico da noi eccitati artificialmente ne' recipienti d'aria molto diradata; e attesa la non difficile spiegazione, che se ne può dare, insistendo sulle stesse cagioni, che fan nascere l'Elettricità atmosferica nelle men alte regioni, cioè congetturando, che debba la medesima aver luogo eziandio nelle regioni altissime, e ripetendola colassù pure dalla condensazione che ivi accada dei vapori portati per avventura fino a quell'altezza: inclino sì a credere, ma non lo tengo per certo, che le Aurore boreali sieno in tutto o in gran parte giuoco dell'Elettricità, cioè, che quelle lancie e getti e corone luminose, che hanno l'indicata rassomiglianza, siano appunto effusioni e trascorrimenti di fluido elettrico, che ridonda e sgorga in copia da vapori condensantisi.

Vede VS. Illustr. pertanto come andiam perfettamente d'accordo nella spiegazione, ossia come ella ha indovinato il mio pensiero e l'applicazione ch'io doveva immancabilmente fare, anzi fatta già aveva de' miei principj alle Aurore-boreali, e lo vedrà viemeglio, quando verrà alla luce nella continuazione delle mie Lettere sulla Meteorologia elettrica quella di cui parlo. S'ella però come apertamente protesta di aver presi da me i principj, deve riconoscere che non mi ha punto prevenuto neppure nell'applicazione dei medesimi ai fenomeni di cui si tratta, e che la sua teoria d'oggidì è la mia di parecchi anni fa; io dalla mia parte riconosco e dichiaro di buon grado, che ella è corsa innanzi, e mi ha di molto sorpassato, col toccare maestre-

volmente nel suo bell'Opuscolo, e disegnare a tratti luminosi le fisiche cagioni e le circostanze, che deggion determinare alle regioni polari, sì l'affluenza dei vapori, che il loro rapido condensamento, giusto nelle stagioni in cui appaiono più frequenti, e nel bello sfoggio le Aurore boreali; e col presentare in poche linee una chiara e precisa spiegazione delle principali apparenze di tal meteora: delle quali cose ho ben dato un cenno anch'io nel citato mio scritto inedito; ma non con quel lume, vigore e colorito, ch'Ella ha saputo mettere nel suo, meritamente applaudito dall'Accademia di Scienze, Lettere, ed Arti di Padova. Il perchè penso io, quando pubblicherò nella continuazione delle già dette lettere, le mie, che dir posso già vecchie idee sull'Aurora boreale, d'inscrire ove VS. Illustr. mel permetta qualche passo dell'esimia sua Operetta e forse tutto lo squarcio dalla pag. 61 a tutta la pag. 64 cioè dal §.: *Ora si applichi tal legge* fino al §. *Nulla di meno non credo privo d'influenza*.

Una cosa sola trovo nella sua bella spiegazione, che non mi finisce, e lascia molto dubbio che le cose non procedano nel modo che viene da lei descritto. Ella adduce sì ottime ragioni ed induzioni, come ho pur ora detto, confermate dall'osservazione, per dimostrare tanto l'affollamento straordinario di vapori verso i poli, quanto il loro subitaneo condensamento nelle stagioni appunto, in cui sogliono più di sovente apparire le Aurore boreali. Questa pressura però di vapori, a così spiegarmi, che accader deve, se bene si esaminano le cagioni

fisiche, e accade infatti, se ci riportiamo all' osservazione medesima, nella bassa e nella mezzana regione dell' atmosfera, veggio bene come debba produrre le nebbie foltissime e i nuvoloni, i temporali e le grandi burrasche, che sono sì frequenti e sì terribili in quelle parti di mondo; ma non comprendo ancora come abbiano ad esser causa delle Aurore boreali, le quali tengono la loro sede nell' altissima regione, negli ultimi strati, e quasi fuora dell' atmosfera terrestre, ove non che affollarsi, non è credibile, che neppur giungano gli acquei vapori, o seppur ve ne giungono dispersi, e, a così dire, raminghi, debbono essere ben pochi. Infatti Riccioli, che ha misurato frequentemente l' altezza delle nubi, assicura di non averne mai vedute a più di 5000 passi geometrici, ossia 5 miglia da terra: e poco maggiore è l' altezza che loro accorda Bouguer, seguito in ciò da De Luc, da Kirwan, e generalmente da tutti i Fisici: cioè al sommo di 4400 tese sopra il livello del mare.

Saussure osserva, è vero (*a*), che certe nubi molto rare a guisa di leggier velo compaiono sovente molto più alte, e che possono esistere fino a 13500 tese, che sarebbero più di 16 miglia italiane, al di sopra della superficie del mare; e quanto ai vapori elastici, che non sono punto nebulosi, è persuaso, che possano ascendere dipiù ancora, e tenersi disciolti in un aria estremamente rara, in pochissima

(*a*) V. *Essais sur l'Hygrometrie* pag. 271.

quantità però. Ma questi come si comprende non fanno al caso, e perchè troppo scarsi e perchè non si condensano in nubi: dalla quale condensazione soltanto potrebbe nascere quella ridondanza e trascorrimento di fluido elettrico, che VS. Illustr. suppone formare le Aurore boreali. Difficilmente ancora m' indurrei a credere, che bastar potesse a profonder tanto fuoco elettrico, quanto n' è d' uopo, quel sottil velo di nube rara e quasi trasparente, poco sopra indicato, appunto perchè sì tenue, a cui se vogliasi ben anche concedere l' altezza massima, che gli assegna Saussure, di 16 miglia circa, quanto noi siam lontani ancora da quella sublime regione delle Aurore Boreali? Ve ne avranno per avventura delle men alte, come può ricavarsi da alcune osservazioni; ma d' ordinario l' inferior limite loro stà a più di 300 miglia italiane d' altezza perpendicolare, ove, se pur vi giunge l' aria di questa nostra atmosfera, debbe trovarsi di un' estrema rarezza, e certo poco carica di vapori acquei, se non vuol dirsi affatto spoglia, e talvolta a 600. 800 miglia, ed oltre. Tanto si rileva da un gran numero di osservazioni raccolte dal Sig. Bergmann, e da molte sue proprie nella Dissertazione *de Aurorae Borealis altitudine* (a), nella quale dopo aver ragionato sui metodi di calcolare cotali altezze ci presenta una tavola di esse dedotta dalle osser-

(a) V. Torberni Bergmann. *Opuscula Physica et Chemica*. Vol. V.

vazioni di varj (*a*), e conchiude: 1.° che il termine inferiore delle Aurore boreali è sempre più alto delle più alte nubi (*b*): 2.° che l'altezza dell'Aurora boreale è perlopiù tra le 50 e le 100 miglia svedesi (*c*), cioè tra le 300, e le 600 italiane: 3.° che la media delle 30 osservazioni riportate è di 72 miglia svedesi, che sono prossimamente 432 italiane.

Or dunque se la folla dei vapori acquei, qualunque s'immagini, e il loro condensamento in nuvole, in pioggia e in neve, succede tanto al di sotto dei campi, in cui fanno la loro comparsa le Aurore boreali, e sì nelle regioni polari più basso che altrove, per la ragione, che il freddo atto, non che a condensare i vapori, a congelarli, si trova ivi più vicino a terra, è difficile, per non dire impossibile il ripetere quelle da questi, o almeno è cosa, che non si arriva a comprendere. No, non si comprende, come da vapori congregati al basso nei Paesi al Polo vicini e al basso pure condensati, come che sia, e rappresi in un subito, come da quelle gran colonne nebulose, da que' nembi e procelle di pioggie e di nevi, che ci descrivono i viaggiatori di tali gelide contrade e di cui VS. Illustr.

(*a*) Op. cit. § VI. *Tabula altitudinum computatarum*.

(*b*) Nel §. VII che ha per titolo: *Aurorae borealis loci terminus inferior nubibus semper altior est*.

(*c*) §. VIII, che intitola. *Altitudo Aurorae borealis 50 milliariis plerumque major, 100 mill. plerumque non excedit*.

si vale ad appoggiare la sua bella e seducente spiegazione, come, dico, abbiano origine da questo ammasso e condensamento di vapori, che vuol dire dall' umile regione delle nubi, la quale in que' climi e in quelle stagioni, suol essere ancor più bassa che altrove, le Aurore boreali sublimissime: non si comprende ciò, a meno che si dica il fluido elettrico, sgorgante in eccessiva copia da tal regione inferiore de' vapori repentinamente e in copia immensa condensati, lanciarsi per molta parte su per l' aria mano mano più rara, e quindi meno resistente, e valicarne immensi tratti, finchè giunga a diffondersi e a spaziare più liberamente ancora nella sovrana regione di aria rarissima. La quale spiegazione, che può sembrare non del tutto insussistente e fantastica, anzi pure a certi riguardi plausibile, e che verrebbe in certo modo in soccorso della combattuta opinione, soggiace da altra parte a molte gravi, e, a mio credere, insuperabili difficoltà, che si affaccian tosto da se, onde non mi tratterrò neppure a parlarne.

Passerò piuttosto a dir qualche cosa di alcune nuove idee, che rivolgo in mente circa altre cause, che potrebbero o sostituirsi all'Elettricità od associarsi ad essa, quando dovessimo toglierle o tutto od una parte del dominio, che siam portati a concederle sulle Aurore boreali. Ma stimo meglio riservar ciò per un'altra Lettera, essendo questa già lunga abbastanza.

Sono intanto ec.

DELLA MANIERA DI FAR SERVIRE

L' ELETTROMETRO

ATMOSFERICO PORTATILE

ALL' USO DI UN IGROMETRO SENSIBILISSIMO

MEMORIA

In cui si rischiarano molte cose intorno al trascorrimento del fluido elettrico ne' Conduttori imperfetti.

Questa Memoria è stata estratta dal Tom. 5.° pag. 551 delle Memorie di Mattematica e Fisica della Società Italiana. Verona 1790.

§. I.

Come dal poco vigore dell' elettricità eccitata colle ordinarie macchine, e meglio dalla più pronta dissipazione della medesima può giudicarsi dell' umidità dell' ambiente.

Non vi è alcuno, il quale si sia qualche poco familiarizzato colle sperienze elettriche, che non conosca la grandissima influenza, che hanno l'umido e il secco sulla forza e sulla durata dell'elettricità eccitata colle ordinarie macchine; e che non giudichi più o meno, così all' ingrosso, al primo porvi mano, della maggiore o minore umidità dell'ambiente. Con quale stento, se il tempo e il luogo, ove si sperimenta, sono molto umidi, si perviene ad eccitare una forte elettricità, comunque sia in buon ordine la macchina? E come presto la smarriscono i conduttori, per quanto sembrino bene isolati? Essa se ne va via, e per l' aria vaporosa, e per l' umido velo che ricopre i sostegni isolanti, siano questi di vetro nudo, o intonacato di buona lacca, o d' altra vernice resinosa.

Questa dissipazione dell' elettricità ci porge, a ben riflettere, un indizio meno equivoco dell' umido che regna, di quello ce l' offre il giuoco stesso della macchina più o meno indebolito; conciossiachè il buono o cattivo stato, e adattamento de' cuscini, dell' amalgama, ed altre circostanze influiscono trop-

po considerabilmente sulla forza dell' elettricità che si eccita; laddove riguardo alla durata della medesima in un dato conduttore isolato in una data maniera (es. gr. in una sfera, o cilindro di ottone sospesi a un cordoncino di seta, o sorretti da una colonnetta di vetro, o di cera-spagna) non v' è d'ordinario che l' umido dell' ambiente, e quello contratto dal sostegno isolante, che scemar possa tale durata dell' elettricità, ossia accelerarne la dissipazione.

Ecco dunque la prima e la più ovvia maniera di fare delle sperienze igrometriche col mezzo dell' elettricità. Abbiasi un conduttore metallico di discreta mole, montato sopra un buon elettrometro di *Henley*, ossia *Quadrante-elettrometro*, e posto tal conduttore isolato in luogo discosto da altri conduttori, e infusavi una determinata dose di elettricità non molto grande, come sarebbe di 20 o 25 gradi del detto elettrometro, notisi quanto tempo passa prima che il pendolino suo sia caduto intieramente, o che è meglio, abbassato siasi fino a un dato punto, es. gr. a 5 gradi. Se l'aria è secca molto, lo si vedrà sostenersi per più minuti, ed anche qualche ora; all'incontro se è molto umida, alcuni secondi solamente: anzi ove l'isolamento sia di vetro nudo, e per sorte non della migliore specie di vetro, avverrà ne' tempi e luoghi estremamente umidi, che si abbatta il pendolino del tutto in uno o due secondi, ed anche meno. Però è che trovo molto meglio, siccome per tutte le altre sperienze elettriche, così particolarmente per quelle di cui ora si tratta, d'im-

piegare un qualche migliore isolamento, servendomi a tal uopo di bastoni di vetro coperti di più mani di buona vernice d'ambra, o incrostati di ottima ceralacca: ho allora il vantaggio, che anche nell'estrema umidità riman teso ossia sollevato di alcuni gradi l'elettrometro, annesso al conduttore in tal guisa isolato, per più secondi dopo ricevuta l'elettricità; ma ho da un'altra parte l'incomodo che di troppo lunga durata è poi cotesta elettricità infusavi, ogniqualvolta l'aria non è gran fatto umida; e molto più nel gran secco, sostenendosi allora dei quarti d'ora, e delle ore intiere.

Il tempo pertanto compreso tra alcuni secondi, ed una o più ore, forma in queste sperienze la *scala igrometrica* la quale, come si vede, è di una grandissima estensione; tale anzi, che diventa sommamente incomoda e impraticabile, niuno per avventura ritrovandosi che volesse condannarsi per una semplice prova igrometrica di questo genere ad un osservazione sì lunga e nojosa. In altre è d'uopo dell'arredo di una macchina elettrica, o di un buon elettroforo per ogni volta, e dovunque voglia instituirsi una simile sperienza; ciò che la rende oltre modo imbarazzante: sicchè, anche per questo, chi mai vorrebbe intraprenderne una serie? Sperienze di questa sorte, che non sono (lo confesso io medesimo) di una grandissima importanza, si tralascian piuttosto che eseguirle a costo di tanto tempo e di tanti preparativi.

È vero, riguardo al tempo, che esso può accorciarsi di molto, promovendo e sollecitando la dis-

sipazione dell' elettricità, mercè di toccare il conduttore che la contiene, con un altro cattivo conduttore, ma pur conduttore, cioè con un corpo mezzo tra deferente e coibente (es. gr. con una sottil canna bene stagionata, con un bastoncino di legno secco con una striscia di cuojo o di cartone, con una funicella o semplice filo di refe, con una corda di minugia ec.) mercè, dico, di toccare quel conduttore elettrizzato con siffatti corpi, e tenervi applicato un capo di essi, mentre la mano impugna l' altro capo. Con ciò facendosi strada all' elettricità nel conduttore per trasfondersi nel suolo, comunque strada ella sia più o men difficile, se ne accelera di molto il decadimento e la dissipazione; e v' è anzi pericolo di un acceleramento troppo grande, a segno di fare svanire cotal elettricità a un tratto, se l' ambiente e quindi i corpi semi-coibenti sopra menzionati espostivi, trovinsi più che mediocremente umidi.

Ad evitare per tanto siffatta perdita troppo precipitosa dell' elettricità, egli è molto spediente di tener unita al conduttore isolato una boccia di Leyden carica, sicchè abbia a scaricarsi essa pure mercè l' indicato toccamento fatto col bastoncin di legno, colla striscia di cuojo, o di cartone ec.: scarica, la quale, attesa la grande capacità di tali boccie, anche picciole, non può compiersi così ad un tratto; ma esige un tempo discreto di alcuni minuti, cioè primi o secondi, giusta la natura di tali imperfetti conduttori, la loro mole sì in lunghezza che in larghezza, o grossezza, e la quantità d' umido che contengono.

§. II.

In che modo scaricandosi il fluido elettrico per la via di conduttori imperfetti trascorra per essi; e quanto influisca alla maggiore o minore difficoltà e lentezza del tragitto la lunghezza e la larghezza de' medesimi.

L' umidità è, tra tutte, una condizione, che moltissimo influisce alla celere o tarda trasmissione dell' elettricità; ed è quella che ci siam proposti di più diligentemente esaminare, per farne l' utile applicazione già accennata. Comecchè però la maggiore o minore facilità e prontezza di un corpo non perfettamente deferente a portar via l' elettricità, onde son carichi, sia un semplice conduttore metallico, sia una boccia di Leyden, in ragione del maggiore o minor grado di umidità di esso imperfetto deferente, e quindi dell' ambiente cui è stato, ed è attualmente esposto, costituisca l' oggetto principale delle presenti nostre ricerche, non vogliam tralasciare di osservare qualche cosa anche intorno all' altra condizione sopra indicata della lunghezza e grossezza di quel qualunque deferente imperfetto, che vien impiegato a dissipare gradatamente la carica elettrica.

Cominciando dunque dalla lunghezza, facilmente s' intende che quanto essa sarà maggiore, maggiore ancora, cioè più continuata riuscendo la resistenza, che incontra il fluido elettrico nel trascorrere questo

più lungo tratto di strada non del tutto libera, nel penetrare da un capo all' altro un tal corpo difficilmente permeabile (che è ciò che vuol dire cattivo conduttore, deferente imperfetto), dovrà del pari essere più lungo il tempo impiegato a vincere siffatta resistenza, a superare tali maggiori ostacoli. Non per questo però dobbiam conchiudere con troppa fretta, che una lista di cartone, di cuojo, d' avorio, una funicella di canape, una verghetta di legno ec. di doppia, e di tripla lunghezza, ci mettano appunto un tempo doppio e triplo a sottrarre e disperdere col lor toccamento l' elettricità, di cui sia carico un conduttore, od una boccia di Leyden: l' esperienza, che sola può decidere anche quì, come in tante altre cose, mi ha fatto vedere che non ha luogo tal giusta proporzione; cioè che la lunghezza del tempo resta indietro dal calcolo, non però moltissimo. Così se una striscia di cuojo e. g. lunga un piede porti via la carica di una boccetta di Leyden, a segno di farla cadere da 25 gradi del quadrante elettrometro a 5 gradi, in tempo di 30 secondi; un' altra simile striscia lunga il doppio, cioè due piedi, impiegherà a fare lo stesso, non già il doppio di tempo, che sarebbe un minuto primo, ma notabilmente meno, cioè da 45 in 50 secondi solamente.

Molte sperienze in vero si richiederebbero, e fatte colla maggiore circospezione e accuratezza, per determinare di quanto precisamente cresca il tempo che vi vuole, acciò una data quantità, e forza di elettricità venga rapita ad un conduttore,

o boccia, mediante il tenervi applicata l' estremità di un dato cattivo conduttore, che tiensi per l'altra estremità in mano; per determinare, dico, di quanto precisamente cresca il tempo all' uopo richiesto, secondochè, tutte le altre cose pari, codesto imperfetto conduttore si tiene più lungo: e siccome i resultati verosimilmente varierebbero per le differenti specie di essi imperfetti conduttori, quali sono i crini e le penne (sebbene questi più alla classe de' coibenti, che a quella dei deferenti appartengano), ogni fatta di pietre, tranne le preziose (che trovansi anch' esse per lo più veri coibenti), tutti i legni, gli ossi, i cuoj e la carta, e i fili di lino, di canape, di cotone e l' acqua indurata in ghiaccio, e infine, eccetto solo i metalli, tutti corpi che non sono molto inzuppati d' umido; siccome, dico, per ciascuno di questi imperfetti deferenti varierebbero probabilmente i risultati riguardo alla proporzione, onde colla respettiva lunghezza cresce il ritardo portato alla trasmissione dell' elettricità; così richiederebbesi niente meno che una serie di sperienze per ciascheduno. Or quelle, che fino ad ora ho fatto, sebben molte siano, è ben lungi che bastino. Posso dunque dire soltanto ciò che ho raccolto in generale e all' ingrosso; ed è: che una doppia lunghezza porta un ritardo di tempo maggiore di un terzo, e sovente più (come nell' esempio sopra recato si prolungano i 30 secondi a 45 o 50); ed una lunghezza tripla un ritardo prossimamente doppio, e piuttosto maggiore.

Venendo ora alle altre dimensioni, non così tosto per avventura giudicherassi, che una maggiore grossezza della verghetta di legno, della funicella di canape, della corda di minugia, oppure una maggiore larghezza della lista di cartone, di cuojo, d'avorio ec. influisca cotanto a promuovere ed accelerare la dissipazione della carica elettrica, che fanno cotesti corpi col loro toccamento; e più d'uno sarà sorpreso dicendogli io (ciò che coll'esperienza può facilmente verificarsi) che se una listerella di balena, di cartone od altra simile, di una data lunghezza, abbia tale grossezza e larghezza, e. g. di un pollice, sicchè impieghi, mediante il sopra indicato contatto, 45 secondi a distruggere una data carica elettrica; adoperandosi un' altra simile listerella, e dell' eguale lunghezza, ma larga il doppio, cioè due pollici, impiegherà circa un terzo meno di tempo, val' a dire da 30 secondi, a fare lo stesso; e la metà solamente, ed anche meno, cioè 20 secondi all'incirca, se sia di larghezza tripla.

Anche quì è ben lungi, che si possa ancora determinare con precisione la differenza, che induce la maggiore o minore grossezza, e larghezza dei cattivi conduttori nel tempo che impiegano a portar via, mercè il loro toccamento, una certa dose di elettricità; e nulla ancora sono in istato di aggiugnere a ciò che ho esposto all' ingrosso: solamente farò osservare, che più assai della grossezza contribuisce al celere trascorrimento del fluido elettrico la larghezza del deferente imperfetto che si

porta al contatto della boccia, o d'altro corpo elettrizzato; talchè, dove una striscia di cuojo o di carta di tre pollici es. gr. in larghezza impiegherà solo la metà di tempo d' un' altra simile larga un pollice, e quindi di massa tre volte minore; una carta tripla in grossezza, ed un cuojo similmente triplo, ma dell' istessa larghezza, cioè di un sol pollice, accelereranno sibbene anche essi la dissipazione dell' elettricità, ma non già tanto quanto la carta, e il cuojo tripli in larghezza, anzi pochissimo in confronto: e così pure un cilindretto di legno, ed una cordicella a budello, oppur di canape, di doppio diametro, e quindi di massa quadrupla, non porteranno tanta differenza, che arrivi a doppio men tempo impiegato nella esaustione della data quantità di elettricità; quando parrebbe che dovessero portarla anzi maggiore tale differenza, ed affrettare la cosa di più, sendochè per una doppia celerità basta, come si è quì sopra veduto, un aumento solamente triplo di massa, se questo sia in larghezza.

La cosa che veniamo di osservare, parmi degna di molta considerazione: poichè sebbene già si sappia, e le sperienze tutto dì ci comprovino, che la capacità di contenere l' elettricità vuolsi misurare non dalla massa de' conduttori, buoni o cattivi che siano, ma dalla loro superficie, e sì dalla *superficie libera;* quì nel caso nostro non si tratta di elettricità contenuta, e diciam così stagnante, la quale appunto nella sola superficie de' corpi vien confinata, ma di quella ch' è in attual moto, e tra-

scorre realmente da un capo all' altro, penetrando tutto l' interno de' corpi. Adunque pare che dividendosi, come le allegate sperienze evidentemente dimostrano, in molti rivi il fluido elettrico, che per tai cattivi conduttori tragitta, investendo tutte, diciam così, le fibre di essi, come altrettanti canaletti; dovrebbe la facilità sua di scorrere, e la celerità di questo suo tragitto essere in proporzione del numero di tai canaletti, e però in ragione della massa del corpo deferente. Or come va, che l' evento non corrisponde, osservando noi che viene assai più facilitata ed accelerata la trasmissione della elettricità per l' accrescimento di superficie, massime estesa in largo, che per quello della massa, assai più per la larghezza che per la grossezza? Convien dunque dire, che quel fluido elettrico che tragitta pel cattivo conduttore, scorra più volentieri lungo essa superficie, che per l' interiore del corpo; sebbene anche per questa interna via non poco se ne trasmetta, il che è indubitato.

È, dissi, indubitato, che del fluido elettrico, il quale si scarica pe' deferenti, massime imperfetti, sebbene il più scorra sulla superficie di essi, pur ne trapassa anche per l' interno: in prova di che, lasciando da parte infinite altre sperienze; basta la sopra indicata delle tre listerelle di carta, le quali sovrapposte l' una l' altra, e strette insieme, se non abbreviano di metà il tempo entro cui, mediante il lor toccamento, si traduce e si dissipa una data carica elettrica, come lo abbreviano di metà, ed anche più, quando si uniscano esse lateralmente

filo a filo, o che è lo stesso, si prenda una sola lista della stessa carta egualmente lunga, e tre volte larga; se, dico, le tre listerelle sovrapposte e strette insieme non abbreviano fino a ridurlo a metà il tempo, che s' impiega da una sola e semplice a trasmettere una data quantità di elettricità, lo abbreviano ad ogni modo notabilmente.

Del resto le due proposizioni poco sopra avanzate, cioè che più agevolmente scorra il fluido elettrico sulla faccia de' conduttori imperfetti, che non per entro a' medesimi, e che la porzione che pur tragitta per l' interno, e si divida, e si dirami in quanti rivi più può, sono l' una e l' altra già da molto tempo note e dimostrate, ove si tratti di una scarica repentina, e copiosa di tal fluido; e sì la seconda comprovata singolarmente dal non potersi effettuare la scarica istantanea di una boccia di Leyden, e quindi produrre la commozione, per una sottile striscia o filo d' acqua, la qual acqua si ha pure per un conduttore, se non perfetto come i metalli, passabilmente buono, e nè anche per un cilindretto della medesima grosso alcune linee, per poco che sia lungo: laddove una scarica più o meno istantanea, più o meno completa, eccitatrice della solita commozione, si ottiene dandole passaggio per una più grossa, o meglio più larga lamina d' acqua, per un più grosso cilindro, insomma per un' ampia mole della medesima. Dal che manifestamente si vede, come una grossa piena di fluido elettrico, la quale però tragitterebbe facilissimamente, e senza alcun sensibile ritardo per un filo

metallico sottilissimo, trovasi invece come in angusto alveo impedita e ritardata in una lamina, o cilindro d'acqua largo più linee; ma che poi scorre bastantemente libera, e quasi senza ritardo per un canale assai più grosso della stessa acqua. Diciamo dunque che questo fluido elettrico, allorchè è in copia, non tragitta per l'acqua unito e ristretto in un sol filo; ma in più fili o rivi si divide e scomparte, quanti gliene offre l'acqua, che è sul suo passaggio. Che se ciò fa nell'acqua, la quale dopo i metalli e certi carboni è il miglior conduttore, quanto più lo dee fare per gli altri corpi, che sono deferenti molto più imperfetti? Abbiamo già veduto che in questi si divide anche una non tanto copiosa dose di tal fluido; e vedremo ben tosto che lo fa eziandio una picciolissima.

Riguardo allo scorrere il fluido elettrico provocato alla scarica più agevolmente sulla superficie che per l'interno degli stessi imperfetti conduttori, e fin dell'acqua stessa, ciò pure si manifesta, riguardo alle grandi piene di esso fluido, dalla viva e fragorosa scintilla, che compare nelle grosse scariche, e solca la faccia de' medesimi; formata tal scintilla, come si vede, dalla maggior quantità di esso fluido (non però da tutta), che schiva di penetrare que' corpi, ancorchè deferenti discretamente buoni, come per es. le membrane fresche e succose, i legni ancor verdi, e l'acqua medesima. Ma ciò, come si è già detto, non succede che nelle grandi scariche, quando il grosso torrente di fluido elettrico, perciò appunto che è troppo gros-

so, trova minore ostacolo e difficoltà a scorrere rasente la superficie del corpo, smovendo e spezzando l'aria contigua, di quello ne incontri a tragittare per l'interno dello stesso corpo, il quale, in qualità di non perfetto conduttore, gli oppone una resistenza tanto appunto maggiore, quanto più copioso è esso fluido, che incalza per passare tutto ad un tratto. Quando dunque la scarica non è così grande e poderosa, o quando pure essendolo, l'imperfetto conduttore che la provoca (o forma una parte dell' arco scaricatore) eccede una competente lunghezza, non iscorgesi allora cotesto salto della scintilla sulla di lui faccia; e la scarica nulla di meno con commozione o senza, che vuol dire più o meno pronta, si effettua secondo cioè che quel tal corpo è più o meno deferente. Diremo pertanto che in questo caso tutto il fluido elettrico passi per l'interno del corpo, e niente sulla superficie? Non già: una buona dose anzi ne scorre sopra questa, ma diffusa e ripartita in modo, che non ispezza punto l'aria, nè la smove, ciò che al scintillare è richiesto; mentre il resto parimenti ripartito permea l'interno corpo.

Così dunque avviene nelle mie sperienze, con cui provoco la scarica non molto forte di una boccia di Leyden, o di un semplice conduttore, mercè il toccar questo o quella con un capo di una verghetta di legno, di una riga d'avorio, di una striscia di cuojo, di cartone ec. più o meno lunghe e larghe, più o meno umide, delle quali tengo in mano l'altro capo: avviene cioè, che tale scarica

si faccia trascorrendo il fluido elettrico in gran parte comecchè invisibile sulla superficie di tali corpi, e in parte sotto e per entro; e dividendosi qui e là, quanto più può, in molti rivi: e che essa scarica si compia non già in uno o pochi impercettibili istanti, bensì in un tempo notabile di più secondi, ed eziandio di alcuni minuti primi, per essere quei corpi, qualora non trovinsi molto umidi, assai poco deferenti.

Intorno alle quali sperienze opportuno mi sembra di osservare, che se si concepisce pur facilmente con un poco di riflessione, come dovendo tragittare una copia considerabile di fluido elettrico per un corpo non molto permeabile, quali sono i conduttori imperfetti, si divide esso, e scomparte, per incontrare nel totale una minore resistenza, in molti rivi; non si sarebbe per avventura creduto, nè forse io medesimo immaginato avrei e creduto, se l'esperienza non mel mostrava, che l'istesso succedesse anche ad una picciolissima quantità di questo fluido. Ma pure è così: allorquando la carica, o di un conduttore semplice, o di uno unito a qualche boccia di Leyden, è così debole, che non se ne può ottenere scintilla sensibile, bastando essa appena a vibrare di 10 o 12 gradi l'elettrometro sensibilissimo di Cavallo, cioè a far divergere i pendolini di 5 o 6 linee; anche allora una lista di carta, di cuojo, di balena ec. che sia più larga, o assai più grossa, ma singolarmente più larga, offre più facile e più sollecito passaggio a questa cotanto debole elettricità sicchè

giunge a dissiparla in più breve tempo di quello faccia un' altra lista, in tutto il resto eguale, ma più stretta o molto più sottile. Il che mostra ad evidenza, come anche la scarsissima dose di fluido elettrico, che se ne va via in ciascuno dei molti istanti, pe' quali dura il disfacimento di così piccola elettricità, che se ne va via, dico; condotta da quell' imperfetto deferente, vi s' incammina e scorre non già ristretta ed unita in un sol filo, ma bene diffondendosi a tutta la larghezza di tal corpo, e investendone tutti quanti i fili; non altrimenti che a gran larghezza d' acqua si diffonde (come abbiam veduto, e già si sapeva) un grosso torrente dello stesso fluido elettrico, per procacciarsi un più libero e pronto tragitto. Se però questo scomparto di una gran piena di fluido elettrico non cagiona punto di meraviglia, e si concepisce pur bene che così debbe avvenire; non può per lo contrario non cagionarne il vedere, come una quasi infinitamente picciola quantità dello stesso fluido, con una forza di espandersi che è appena sensibile, pur cerca anch' essa un ampia via per tragittare, perdendo quanto più può il largo nello scorrere pe' conduttori imperfetti: la qual cosa non che essersi prima d' ora dimostrata, non si sarebbe, torno a dire, per avventura creduta.

§. III.

Sostituzione del semplice elettrometro atmosferico portatile agli altri apparati composti, e voluminosi per le sperienze igrometriche indicate nel §. I.: e come debbasi procedere per farle nella nuova maniera.

Ritornando ora dopo questa lunga, ma non inutile digressione, all' influenza, che ha lo stato più o men umido de' corpi imperfettamente deferenti, perchè più presto, o più tardi si portin via, mediante il lor toccamento, l' elettricità di qualsisia conduttore o boccia; e ripigliando il discorso della facile applicazione, che può farsene all' igrometria, nel modo indicato nel §. 1.; mi giova richiamare quello che ivi ho proposto, essere cioè se non necessario, più che spediente di far intervenire una boccia di Leyden, almeno picciola, senza di che l' elettricità di un semplice conduttore, anche discretamente grande, si toglie mercè il contatto di quel qualunque imperfetto conduttore, che a tal uopo si adopera, in troppo brevi istanti, in un tempo quasi non misurabile, ove tal corpo (es. gr. legno, osso, carta, cuojo ed altro) trovisi considerabilmente umido, e molto più se, come accade talvolta lo sia all' eccesso. Ma se per questa parte è utile che s' unisca la boccia di Leyden al conduttore isolato, il qual comunica coll' elettrometro, acciò vi si sostenga per un tempo misurabile, cioè

alcuni secondi almeno, l'elettricità provocata a scaricarsi col toccamento d'uno o dell'altro di tai deferenti anche molto umidi; divengono per un'altra parte imbarazzanti tali prove a cagione degli apparati e preparativi necessarj, mentre appunto richiedesi oltre il resto anche una boccia di Leyden.

Ho dunque pensato a far senza di tutti questi apparati, cioè di macchina elettrica o di elettroforo, di conduttore, d'isolatore, di boccia; e ad eseguire le stesse prove elettrico-igrometriche col semplice elettrometro di Cavallo tascabile, con quel sì comodo e prezioso stromento, di cui facciam in oggi sì grand'uso, tanto per le osservazioni giornaliere intorno all'elettricità atmosferica, quanto per molte altre sperienze di elettricità artificiale. Quest' elettrometro, per poco che sia ben costrutto, riceve prontamente l'elettricità da un bastone di ceralacca, il quale altronde si eccita con somma facilità mercè di stropicciarlo colla mano, con carta, contro le vesti non umide, ec. riceve, dico, il nostro elettrometro di leggieri tanta elettricità quanta è necessaria a far divergere i suoi pendolini (sian questi semplici paglie alla mia maniera, sian listerelle di foglia d'oro alla maniera di Bennet, sian fili metallici terminanti in pallottoline di midollo di sambuco all'antica foggia di Cavallo e di Saussure) il più che diverger possono, cioè 6, 8, 10 linee, che segnano secondo la mia scala 12, 16, 20 gradi, e ad innalzarli anche di più, se il permette la capacità della boccetta in cui son chiusi: ricevuta la quale elettricità la conserva esso elettrometro così

bene, che trovasi di non averla perduta ancor tutta a capo di parecchi minuti secondi, ancorchè stato sia lungamente e continui a star esposto ad un'aria sommamente umida, sol che non venga visibilmente bagnato. Or se l'elettricità sostiensi, e i pendolini non giungono a cadere del tutto per più minuti secondi in un ambiente estremamente umido, che faranno in uno men umido, in uno anzi secco? È facile l'immaginare che v'impiegheranno uno, due, tre, quattro minuti primi, un quarto d'ora, ed anche una o più ore, se l'aria è secchissima, e secchissime quindi anche le pareti esterne della boccetta; e ciò è, che infatti succede.

Ma ecco di nuovo l'incomodo, e il tedio di dovere star ad osservare troppo lungo tempo, per giudicare del grado di umidità dell'ambiente. Sebbene potrebbe abbreviarsi di molto questo tempo, tenendo conto di quel solo che impiegano i pendolini a discendere da uno ad un altro grado di elettricità, per esempio dai 12 ai 10 o agli 8 gradi. Ma che? facendosi così diverrebbe poi troppo breve il tempo, e quasi impercettibile qualunque volta l'ambiente si trovasse molto umido, abbassandosi allora i pendolini da 12 a 10 gradi in meno di un secondo.

In vista di ciò mi son rivolto anche pel nostro elettrometrino allo spediente già spiegato ne' precedenti paragrafi, del toccamento cioè da farsi con un conduttore imperfetto, onde affrettare l'uscita e l'estinzione dell'elettricità; mi son, dico, rivolto di nuovo a questo spediente; ma quì con miglior

esito, giacchè col medesimo, anzi maggiore risparmio di tempo, ho ottenuto di lasciare una sufficiente estensione tra i due estremi di grand'umido, e di gran secco, e di facilitare sommamente le osservazioni di paragone. Ho dunque provato a sollecitare la dissipazione dell'elettricità indotta nell'elettrometro, mercè di toccare il suo cappelletto, o la picciola asta metallica di cui è sormontato, con un corpo il quale non fosse nè coibente nè buon conduttore, e con varj di questi cioè di legno, carta, pergamena, cuojo, avorio, penne, barbe di balena, refe, setole, crini, corde di minugia ed altri; ed ho veduto che la debole elettricità dell' elettrometro (la quale invero altro che debole non può essere, e in niun modo scintillante) non veniva per tai toccamenti involata tutta, se non a capo di alcuni secondi; quand'anche l'ambiente, cui que' corpi stavano esposti, era umidissimo; e a capo solo di molti secondi, e d'uno, due, tre minuti primi, quand'era l'ambiente molto secco; e corrispondentemente nelle mezzane umidità: con una differenza cioè molto notabile per ogni picciola varietà ne' gradi d'umido; nel che, come si dichiarerà meglio in appresso, consiste il merito principale di queste sperienze igrometriche.

Dapprima avea provato a tener applicato al cappelletto dell' elettrometro l'uncino di una boccetta di Leyden carica quanto basta per far tendere di 10, 12 o 15 gradi i pendolini, cioè debolissimamente; e mi serviva allora per dissipare sibbene poco a poco tal piccola carica, ma non tanto len-

tamente, che nojosa divenisse la sperienza, mi serviva o dei conduttori men cattivi tra li quì sopra accennati, od anche degli altri, ma ridotti in verghe, o lamine di discreta grossezza e larghezza, e invece assai corte: la quale grossezza e larghezza massimamente fa sì che più presto trasmettano l'elettricità, ciò che fa ancora la minore lunghezza, come abbiamo mostrato nel §. 2. Avendo però trovato, che bastava armare l'elettrometro della sua asta metallica lunga due piedi o poco più, per formarne un conduttore di sufficiente capacità, e che bastava ridurre a listerelle sottili e molto strette, la carta, la pergamena, la balena, la parte cornea di una penna da scrivere ec. perchè col loro toccamento non involassero troppo presto l'elettricità di tal elettrometro armato; fui ben contento d'aver così semplificate al maggior segno queste sperienze; per le quali si vede, che altro più non si ricerca che l'elettrometro tascabile colla sua verghetta metallica, un bastoncino di cera-spagna, ed una di cotali listerelle, lunga soltanto uno, due, o tre pollici, e larga da una a due linee.

Or acciò per ogni prova resti sempre la lunghezza medesima della listerella semicoibente che ho scelta, senza di che non potrebbero essere comparabili le sperienze, adatto a ciascuna estremità di essa listerella una sottil' unghia metallica; delle quali unghie una, che fa officio di manichino, prendo tra due dita, e l'altra la porto a toccare il cappelletto, o l'astina dell'elettrometro, e ve la tengo applicata il tempo che bisogna. Questa di-

sposizione è anche vantaggiosa per ciò, che toglie che si tocchi colla mano il corpo medesimo semicoibente, sia penna, sia balena, sia carta od altra materia; e che si cambi con ciò lo stato di umidità della medesima, pel calore di essa mano, per la traspirazione, ec.

Ecco pertanto la maniera precisa, con cui fo l'esperienza. Assicuratomi che il mio elettrometro mantenga bene l'elettricità, cioè più d'un quarto d'ora dimorando in luogo discretamente asciutto, e un minuto almeno trasportato da questo luogo, o tirato fuori da tasca, ed esposto ad un ambiente il più umido che dar si possa (salvandolo solo da una pioggia che tutto lo bagni) lo elettrizzo col solito bastoncino di cera-spagna a segno, che i suoi pendolini di paglia (preferisco uno de' miei elettrometri a semplici paglie a quello di Bennet con fogliette d'oro, primieramente perchè non è bene, per le sperienze di cui si tratta, che sia troppo delicato, e con ciò suscettibile soltanto di debolissima elettricità; in secondo luogo perchè le paglie, non piegandosi come le dette fogliette, marcano con maggior precisione i gradi) elettrizzo, dico, il mio elettrometro tanto che i pendolini segnino 12 in 14 gradi, cioè le punte delle paglie si scostino una dall'altra, 6 in 7 linee. Ciò fatto aspetto fino a che sian cadute da se a 10 gradi giusti: allora tocco il cappelletto dell'elettrometro, o la verga metallica da cui è sormontato, col corpo semicoibente che ho scelto per queste prove, cioè colla listerella di cartone, d'osso di balena, di penna, o qual essa sia,

armata delle due unghie metalliche nel modo che ho sopra descritto; o a dir più giusto fo toccare, e tengo applicata a detto cappelletto, o verghetta non la listerella propriamente, ma l' unghia metallica che essa porta in cima; e sto a vedere quanti minuti secondi passano prima che i pendolini, i quali cominciano sul momento a decadere visibilmente, siansi abbattuti dai già detti 10 gradi cui si trovavano immediatamente prima di tal toccamento, fino ai 2. Non aspetto che giungano a zero, perchè ci va più tempo ad estinguersi questi ultimi due gradi che per tutto il resto: e altronde è inutile; bastando per instituire il paragone la decadenza dai 10 fino ai 2 gradi.

Può farsi l' esperienza anche col semplice elettrometro non armato della verghetta metallica; ma allora essendo pochissima l' elettricità contenuta nei soli pendolini, e cappelletto, se ne va via troppo presto.

Riducendo ora in un sol punto di vista l' espressione, e la teoria di queste ultime sperienze, è facile comprendere dal fin quì detto che il numero de' minuti secondi, pe' quali si sostiene l' elettricità, malgrado l' indicato toccamento, debb' essere maggiore: 1.° secondo che il corpo impiegato a portar via cotesta elettricità è di sua natura meno deferente: 2.° quant' egli è maggiore in lunghezza: 3.° quanto è minore in larghezza e grossezza (giusta ciò che riguardo a tali dimensioni abbiamo mostrato nel §. 2): 4.° finalmente a misura che trovasi più secco. È però, quando si determini la specie

del corpo, e le sue dimensioni, resta per elemento variabile la sola umidità; e puossi per conseguenza giudicare dei gradi di questa dalla durata dell'elettricità nell'elettrometro, che viene col dato corpo toccato.

Quanto alle varie specie di corpi, moltissimi sono quelli, che ho sperimentati a questo intento; e non pochi mi han promesso sulle prime buona riuscita. Ho posti dunque al cimento tagliuoli di legno, paglie e foglie secche, fili e stoffe di lino, di canapa, di cotone, di lana, carta comune da scrivere, carta sciugante, e d'ogni altra qualità; varie membrane, e cuoj e pergamene; corde a budello, setole, crini; ossi, unghie, corni, avorio, testuggine, balena, penne: ma qual per uno, qual per altro inconveniente ho abbandonati quasi tutti questi corpi; e ristretto mi sono ormai a tre, o quattro soli, cioè la pergamena sottile, l'osso di balena, l'avorio, e la parte cornea e lucida delle penne; tra quali non sono ancor deciso a cui dare la preferenza. Varj, come i legni e le paglie, i fili di lino ec. molte membrane e cuoj, quasi tutti gli ossi, la carta, li ho rifiutati, perchè divenivano troppo deferenti per un umido, che s'accostava al massimo, a segno che involavano tutta l'elettricità dell'elettrometro in meno d'un minuto secondo, quando l'igrometro a capello di Saussure mancava ancora di alcuni gradi dal giungere ai 100, che è il punto che indica l'umidità estrema, quella es. gr. della nebbia. Alcuni altri, e sono le setole, e i crini, li ho rigettati per un difetto tutto opposto, e voglio dire perchè dive-

nivano quasi intieramente coibenti ad un secco di 25, 30 gridi, o poco più, dell'istesso igrometro, quando cioè discende a soli 75, 70 o 68 gradi della sua scala: il qual secco, sebben avvenga di raro naturalmente in luogo coperto dal sole (ove debbesi consultare ogni igrometro, per giudicare dell'umido dell'ambiente; non mai al sole, che riscaldando la sostanza igrometrica verrebbe a disseccarla assai più dell'aria che la circonda), pure qualche volta si osserva ed anche maggiore. Ve n'ha pure tra i summentovati corpi, che vanno soggetti all'uno e all'altro di questi opposti difetti, che sono cioè troppo buoni conduttori per un umido estremo, o quasi, e troppo coibenti per un secco alquanto più che mediocre; di tal indole è la carta, la quale inoltre è soggetta a variare nel grado di conducibilità indipendentemente dall'umido, divenendo sudicia, o in altro modo alterandosi: nè va esente da siffatti incomodi la pergamena, che abbandonerò forse anch'essa riducendomi da ultimo all'osso di balena, o alla parte cornea delle penne, e all'avorio: dei quali corpi, altronde più consistenti, e di natura durevolissimi, e che, quando occorra, lavare si possono per renderli netti e mondi, prendendo delle listerelle sottili larghe da una in due linee, e lunghe da uno a tre pollici, secondo che sperimentando trovasi convenire; queste quand'anche si tengano esposte lungamente ad un'aria umida all'estremo, alla nebbia ec. schivando soltanto di bagnarle, non avverrà che spoglino mai l'elettrometro di tutta l'elettricità, nè che ve la faccian

cadere dai 10 ai 2 gradi, come vogliamo, più presto di un minuto secondo, o mezzo almeno, e d'altra parte esposte le stesse listerelle all'aria più secca, che naturalmente dar si possa (ben inteso all'ombra), a un secco, in cui l'igrometro di Saussure segni 60 gradi ed anche meno, non si comporteranno già a guisa di assoluti coibenti, ma più deferenti ancora che coibenti, verranno a capo di dissipare l'elettricità dell'elettrometro in due o tre minuti primi al più: durata sopportabile, e che non rende l'osservazione troppo noiosa.

L'avvertenza di non esporre al sole la listerella di balena, od altra qualunque di cui ci vogliam servire, che altrimenti riscaldandosi si asciugherebbe di soverchio, e diverrebbe molto più secca dell'ambiente, è, come si comprende, della massima importanza. Quando dunque vogliasi far prova dell'umidità non sol dell'aria chiusa di una stanza, ma anche dell'esterna, si esponga la listerella fuori della finestra, e vi si lasci per alcuni minuti, badando che non vi dia il sole, e non vi sia dato dianzi in modo, che il sasso od altro su cui vien essa posata, siasi notabilmente riscaldato.

All'istesso modo che vuol guardarsi la listerella dal sole, debbesi difendere anche dalla pioggia, ricercandosi che sia umida quanto l'aria, ma non bagnata ed inzuppata. Si cuopra essa dunque convenientemente fuori dell'istessa finestra, quando il tempo è piovoso, in guisa cioè che abbia libero il contatto dell'aria, ma nè goccia, nè spruzzo alcuno vi cada sopra.

L'esperienza igrometrica poi può farsi o fuori della stessa finestra o dentro nella stanza. Se dentro, convien perdere men tempo che sia possibile, acciò la listerella ritenga il grado d'umido contratto all'aperto. Se fuori, conviene ancora, qualora l'aria si trovi estremamente umida, far presto, cioè non lasciare esposto l'elettrometro troppo lungamente, nè il bastone di cera-spagna a tal umidità estrema; poichè questo allora difficilmente si potrebbe, con istropicciarlo, elettrizzare quanto conviene, e quello pure difficilmente prenderebbe i 10 o 12 gradi richiesti di elettricità, e presi, perderebbeli in pochi istanti, anche senza il toccamento della listerella; onde equivoca e mancante riuscirebbe l'esperienza. Da ciò si comprende, che neppure nelle stanze umidissime hanno a rimanere per giorni ed ore l'elettrometro e il bastone di cera-spagna, ma riposti devono tenersi in qualche altro luogo discretamente asciutto; e di là poi devon prendersi l'uno e l'altro, o cavare allora di tasca, qualunque volta occorre di esplorare l'umidità estrema, o quasi di un'aria tanto libera, che chiusa.

Tralascio altre picciole avvertenze, che si presenteranno da se a chiunque vorrà applicarsi a queste prove; le quali sembrar potranno cose da nulla ai poco intelligenti, ma a chi ama d'internarsi nelle materie, non men dilettevoli che istruttive riusciranno.

§. IV.

Confronto delle nostre prove igrometriche cogli altri igrometri, singolarmente con quello di Saussure: *estensione della scala di graduazione in cotali prove: e come, e fino a qual segno può anche il nostro divenire un' igrometro comparabile.*

Comecchè le sperienze sin quì descritte, oltre all'essere curiose, abbiano la loro utilità; non pretendo io già che questa nuova maniera di esplorar l'umido di diversi luoghi e tempi debba generalmente preferirsi alle osservazioni de' migliori igrometri, quali sono quelli di Saussure e di De Luc, molto sensibili, e che più importa, comparabili. Sosterrò solo, che possono non di rado supplire a questi, e che ci offrono a certi riguardi qualche considerabile vantaggio sopra di essi, quantunque rimangano soggette tali nostre prove ad altri svantaggi e imperfezioni. Di questi vantaggi e svantaggi vengo ora a ragionare e a porli più che posso in chiaro.

Il vantaggio principale e il pregio più grande che ottengono le nostre sperienze, in cui facciam servire da igrometro l'elettrometro tascabile nel modo descritto nel paragrafo precedente, consiste nella grandissima estensione che si viene a dare alla scala igrometrica; cioè nel gran numero di

gradi facilmente marcabili tra il termine di umidità estrema e un secco, che, se non è il massimo a cui giunger può l'arte, e neppure il più grande che dar si possa naturalmente, è però tale che ben rare volte s'incontra all'aperto, e nelle stanze non mai o quasi mai: parlo di quel secco, che fa discendere l'igrometro a capello di Saussure dai 100 gradi, termine dell'umidità estrema, circa 40 gradi, cioè fin verso i 60. Ora qual è l'estensione, che abbiamo nelle nostre prove coll'elettrometro per tale mutazione nell'umido di 40 gradi? Quale cioè la differenza del tempo, che s'impiega a far cadere l'elettricità di cotesto elettrometro, mediante il conveniente toccamento della listerella semicoibente ec. da 10 gradi a 2, siccome abbiamo prescritto? Grande oltre ogni credere; mentre va da un secondo o mezzo secondo, a due o tre minuti primi, ed anche più. Se dunque contisi anche un sol grado per minuto secondo, ecco 150, ecco 200 gradi corrispondenti a 40 dell'igrometro di Saussure, dal che si vede che tante minime mutazioni d'umido, le quali riescono insensibili, ovver minori di un grado nel detto igrometro, divengono oltre a un grado, e due sensibili alle nostre prove, in cui è sì facile distinguere e noverare i secondi.

È, dico, agevol cosa noverare e distinguere i secondi: ed anzi marcabilissimi riescono i mezzi e i quarti di secondo, ed altre più piccole frazioni; laddove non son molto distinguibili i quarti di grado

nell' igrometro di Saussure. Ho provato molte volte, ed ognuno può provare, che in un minuto secondo si possono proferire distintamente, ove contisi con celerità, i numeri uno, due, tre, quattro, cinque, sei; e contando nè così presto nè troppo adagio, si arriva comodamente al cinque, e al quattro solamente, se si conta con posatezza: le differenze, che nascer possono son piccola cosa, e possono in molti casi trascurarsi. Io poi ho fatto l' abito di contare da uno fino a dieci in due secondi esattamente; ciò che mi risparmia in molte osservazioni, e segnatamente in quelle di cui ora si tratta, di consultar sempre l' orologio a secondi.

Se pertanto anche ad un umido estremo, all' umido e. g. della nebbia e dell' aria rugiadosa, a quello che fa andare l' igrometro di Saussure a 100 gradi, cui non oltrepassa mai, io ho ancora nelle mie prove un minuto secondo pel tempo che tarda a cadere l' elettricità dell' elettrometro tentato col solito toccamento ec. dai 10 gradi ai 2: ecco un' altro vantaggio, che s' aggiunge a quello della grande estensione, che abbiamo dal termine di tal umidità di 100 gradi fin ai 60 della detta scala di Saussure: questo nuovo vantaggio consiste in ciò che si fa luogo a dinotare qualche cosa più in sù dell' umido estremo segnato in tal igrometro. Infatti ove la mia listerella d' avorio, di penna o di balena, divenga, non che umida all' estremo, ma alquanto bagnata, porterà via l' elettricità dell' elettrometro in meno di un secondo, ma pure mi lascerà il tem-

po di contare quando fino a quattro, quando fino a tre, e quando fino a due, secondo che sarà più bagnata; e, solo ove sia bagnatissima, farà cadere a un tratto i pendolini in un tempo sì corto e indiscernibile (come un quarto, un sesto, un ottavo di secondo), che sembrerà un istante.

Ma che? Se anche allora che questi cadono, o sembran cadere all'istante, osservar possiamo qualche gradazione. A quest'effetto basta, in luogo di applicare la listerella semicoibente al cappelletto, o alla picciol asta ond' è guernito l'elettrometro, farvela toccare soltanto di volo, e darvi con quella delle percosse, in guisa che piegandosi essa listerella, mentre colla punta solamente della sua unghia metallica colpisce detta asta, ne sfugga rapidamente il contatto. In questo modo avverrà, che si possano ripetere 8, 10, 15 di tali schiaffi ossia colpi celeremente vibrati prima che decada l'elettricità dell'elettrometro dai soliti 10 gradi ai 2, ancorchè la listerella che s'adopera, per l'estremo umido dell'ambiente cui fu esposta, anzi per vera bagnatura, sia atta a distruggere tale elettricità in meno d'un mezzo secondo, se invece di percuotere con essa così alla sfuggita, si tiene al consueto modo applicata al cappello, od asta dell'elettrometro.

Veduto come, e quanto le nostre prove igrometriche coll'elettrometro vanno più in là di ciò che segna l'igrometro a capello, per quel che riguarda l'umido estremo; giacchè indicano al di più varj gradi di *bagnato*, che tal igrometro non dimostra

punto; passiamo ora a vedere fin dove arrivano riguardo al secco. Per verità quì restano molto addietro dal termine a cui giunge l'igrometro di Saussure e di De Luc, vuo' dire da quel secco estremo procurato coll'arte, d'onde comincia la loro scala di umidità, e ch'è segnato zero. Ho indicato sopra che le mie prove s'estendono molto comodamente, ed offrono una assai grande scala dalla umidità estrema fino a quella segnata 60 gradi circa nell'igrometro di Saussure: or dirò, che poco più sotto può prolungarsi tale scala, cioè fino a 50 o 45 al più; giacchè divenendo per un secco maggiore di questo coibente del tutto, o quasi, la solita listerella di penna d'avorio, o di balena, più non vale a portar via l'elettricità dall'elettrometro, onde ve la lascia sussistere, e dieci e venti minuti primi, e qualche ora, se occorre: anzi anche allora che l'igrometro suddetto segna soltanto 45 o 50 gradi, divien nojosa di molto l'esperienza coll'elettrometro, stantechè vi si sostiene l'elettricità malgrado il solito toccamento 4, 5, 6 minuti primi: il che è troppo per chi appena può tollerarne 2 o 3.

Siccome però un sì gran secco, che faccia discendere l'igrometro a capello sotto i 45 gradi, ed anche solo sotto i 50, non si osserva mai, o quasi mai naturalmente, potendosi solo produrre coll'arte in vasi chiusi per mezzo della calce viva, dell'alcali vegetale, e di altri sali deliquescenti; così non dee considerarsi per un gran difetto che le nostre prove igrometriche coll'elettrometro arrivino a stento fino

ai 45 o 40 gradi, di tal igrometro, e non passino più innanzi. Che poi, se con altro artificio potessimo giungere, servendoci sempre del nostro elettrometro, a misurare un secco ancor molto maggiore, come infatti il possiamo, e mostrerollo in appresso.

Intanto però, dirassi: gl' igrometri di Saussure e di De Luc hanno due punti fissi, su cui regolare la loro scala di graduazione, cioè l'umidità estrema che segnano 100, e il secco estremo, non già naturale, che impossibile sarebbe di determinare, ma artificiale, notato *zero*: con che ottengono un igrometro *comparabile*. Ma come regoleremo noi la nostra graduazione per le sperienze igrometriche coll' elettrometro, mancandoci uno di questi punti fissi, cioè quello del secco estremo, e solo determinar potendo l' altro dell' umidità estrema? E come otterremo la comparabilità?

Qui altro mezzo non ho trovato che di regolare le sperienze sopra uno di quegl' igrometri che sono appunto comparabili. Adunque prendendo per campione l' igrometro a capello di Saussure, riduco la mia listerella semicoibente, di cui voglio servirmi per portar via l' elettricità dal mio elettrometro, la riduco a tali dimensioni, onde impieghi 30 secondi giusti a far cadere i pendolini dai 10 ai 2 gradi, quando e dove il detto igrometro segna 80 gradi, che è un' umidità mezzana. Da principio riduceva la listerella a tali dimensioni, che per quella temperatura umida di 80 gradi impiegasse sol 10 o 15 se-

condi a portar via dall' elettrometro quella tal dose di elettricità, e mi riusciva bene quand' era l' aria più secca, ed anche quand' era più umida, ma non molto oltre i 90 gradi: allora però che l' umido dell' ambiente passava i 93 o 94 gradi, era sì breve il tempo della sperienza, che diveniva pressochè insensibile; giacchè non durava il solito toccamento un secondo, e neppure un mezzo secondo, e colla mia maniera già indicata di contare uno, due, tre, quattro, ec. non arrivava a due o tre, che già eran caduti intieramente i pendolini dell' elettrometro. Vidi dunque, che conveniva servirsi di una listerella più lunga e più sottile, tanto che impiegasse un po' più di tempo a spogliare l' elettrometro della data dose di elettricità; v' impiegasse cioè alcuni minuti secondi, anche per un umido di 95 o 96 gradi, e per quello di 98 e 100 un secondo, e mezzo almeno, il che appunto si ottiene qualora essa listerella sia tale, che per l' umido di 80 gradi impieghi, poco più poco meno, 30 secondi. Potrebbe anche scegliersi lunga e stretta tanto che impiegasse più d' un minuto secondo, e più di due nell' umido quasi estremo di 97 o 98 gradi; il che renderebbe molto più sensibili le picciole mutazioni verso questo estremo, ossia verso i 100 gradi: ma come durerebbe allora la sperienza più di 30 secondi per la mediocre umidità di 80 gradi, e più di un minuto primo, o di due quando l' igrometro segna solo 40 gradi, e più di tre, di quattro, per un secco di sei che lo fa discendere a 60, 55, 50 gradi; ed essendo che

questa troppo lunga durata riesce di molta noja, torna meglio, per non incorrere in simile inconveniente, rinunciare ad una parte del sopra indicato vantaggio, e prendere un termine di mezzo. Questo termine dunque io ho preso, scegliendo tra gli altri conduttori più o meno imperfetti l'avorio, l'osso di balena, la parte cornea delle penne; oppur anche la pergamena, per farne la listerella da adoprare nelle mie sperienze elettrico-igrometriche, e riducendola a tali dimensioni, che per l'umido di 80 gradi dell'igrometro di Saussure, che si può dire l'umidità mezzana, impieghi 30 secondi mercè di tenerla applicata all'asta dell'elettrometro, a farne cadere l'elettricità dai 10 gradi ai 2. Così disposte trovandosi le cose, le mie prove, anche pel maggior secco naturale, non durano mai più di 150 secondi, o al più 3 minuti primi: e d'altra parte per l'umido massimo durano ancora circa un minuto secondo; o almen tanto da poter contare alla mia maniera uno, due, tre.

Ma è egli poi facile di ridurre la listerella, che si è scelta, a tale stato che faccia durare la prova 30 secondi giusti per quell'umido che tiene l'igrometro di Saussure a 80 gradi? Anzi facilissimo, sol che si proceda colla debita attenzione e pazienza nei reiterati tentativi, che convien fare. Comincisi dunque a tagliar fuori cotesta listerella d'avorio, di penna, o di balena larga due linee circa, e lunga tre o quattro pollici; e cogliendo il tempo, che l'anzidetto igrometro segui li prefissi 80 gradi, si

faccia di tal listerella la prova: impiega ella a distruggere col suo toccamento l'elettricità di esso elettrometro dai 10 gradi ai 2 più tempo dei 30 secondi che vogliamo? Si accorci allora troncandone un pezzo, e si riprovi: se scorgesi che metta ancor troppo tempo, si torni ad accorciare, e ciò a più riprese, finchè si trovi che vada bene. Che se avviene, per aver oltrepassato un poco il limite nell'accorciarla, il contrario cioè che in meno dei 30 secondi porti via quella listerella l'indicata dose d'elettricità dall'elettrometro, si ritagli in guisa che divenga più stretta: con che otterrassi (giusta quanto si è mostrato nel §. 2) maggior ritardo nel trapasso dell'elettricità. Per tal modo ritagliando la nostra listerella or nella lunghezza or nella larghezza, e poco per volta si arriva, mercè di molta pazienza, come avvisato già abbiamo ad ottenere il giusto punto, cioè che per 80 gradi di umido dell'igrometro di Saussure faccia ella cadere l'elettricità dell'elettrometro, guernito del suo piccolo conduttore od asta metallica, da 10 gradi a 2 nel tempo di 30 secondi esattamente.

Or ecco come diventa anche il mio un igrometro, fino ad un certo segno, comparabile. Tosto che io l'ho ridotto a darmi giusto 30 secondi per 80 gradi dell'igrometro di Saussure; è pur forza che mi dia sempre un dato numero di secondi di più, e un dato numero di meno, per un dato numero di gradi al di sotto e al di sopra di quelli 80. Invero è cosa molto penosa e difficile il determinare quanti se-

condi corrispondano a ciascun grado dell' igrometro di Saussure (che facciam servire per termine di paragone) dai 100 fino ai 60, e più basso ancora: cioè quanti secondi impieghi la nostra listerella a far cadere l'elettricità dell' elettrometro da essa toccato, per l'umido di 99 gradi, poi di 98, di 97, e via discorrendo. Ma fatto ciò una volta con accuratezza, e trovato con reiterare le sperienze, che si abbiano i medesimi riscontri, può formarsi una tavola di rapporto, in cui ciascuna delle nostre prove elettrico-igrometriche ci dia il grado corrispondente dell' igrometro di Saussure. Qualora poi non vogliasi che un presso a poco, potrà bastare di determinare coll' esperienza il numero de' minuti secondi per ogni 5 gradi di detto igrometro; e si potrebbe anche esser contenti di limitarsi tra i 100 e i 70 gradi, nell' intervallo de' quali sogliono accadere le mutazioni nell' umidità dell' aria; rarissimo essendo il secco che faccia discendere più abbasso l'igrometro medesimo.

Ma si domanderà s' io ho già fatte queste prove, e costrutta l'indicata tavola. Al che risponderò che delle prove ne ho fatte moltissime; ma con diversi semicoibenti o conduttori più o meno imperfetti, ad oggetto di scegliere il migliore, e con dare alle listerelle formatene maggiore o minore lunghezza, maggiore o minore sottigliezza, onde vedere quanto più lentamente o meno involassero l' elettricità all' elettrometro: variando nel qual modo le sperienze poco ancora mi son fermato alle listerelle

d'avorio, di balena e di penna, ridotte giusto a tali dimensioni, che facciano cadere l'elettricità del mio elettrometro a paglie dai 10 gradi ai 2 in 30 secondi precisi per quell' umidità, che è segnata 80 gradi nell' igrometro a capello di Saussure: tanto solo cioè mi ci sono fermato, quanto vi voleva per assicurarmi che cotal disposizione della listerella lasciando luogo alle prove dei gradi estremi d'umido, non rende quelle di un gran secco, ed anche del massimo naturale, soverchiamente lunghe e noiose, come ho sopra mostrato. Ho intanto confrontati varj termini intermedj; ma non già tutti i gradi tra i 100 e i 70 o 60 dell'igrometro di Saussure: anzi non l'ho fatto neppure di cinque in cinque compitamente. A questo travaglio, ch'esige maggior comodo e tempo, mi propongo d'applicarmi quanto prima: esso è tale del resto, che ora che son posti i fondamenti, ognuno può farlo da se.

Resta però a vedere, se prendendo diverse listerelle, e riducendo ciascuna a tal lunghezza e sottigliezza, che all' umido di 80 gradi abbian tutte bisogno di 30 secondi giusti per portar via col lor toccamento tanta elettricità all' elettrometro, da farne cadere i pendolini da' 10 gradi a' 2, come ho fissato, resta, dico, a vedere, se tutte poi cammineranno di paro per tutti gli altri gradi di maggiore, o minore umidità; se impiegando una es. gr. 4 secondi per l'umido di 95 gradi, e 50 secondi per quello di 75 gradi, tutte le altre faranno lo stesso, e si corrisponderanno esattamente; oppure se di-

scorderanno, impiegando chi 3, chi 4, chi 5 secondi per lo stesso umido di 95 gradi; chi 40, chi 50, chi 60 secondi ec. per quello di 75 gradi. Se questa, o simil altra discordanza avesse luogo, è facile comprendere che, comunque riuscissero comparabili coll' igrometro di Saussure le prove elettrico-igrometriche fatte con questa, o con quella determinata listerella, già non sarebbero comparabili fra di loro le prove dell' una con quelle dell' altra; e che converrebbe far una tavola di rapporto per ciascuna: converrebbe che chiunque vuol seguire tali sperienze, facesse con quella listerella, ch' egli si è preparata, le prove confrontate a tutti i gradi uno per uno, o almen di 5 in 5 dell' igrometro che serve di campione, e sopra queste costrutta la sua tavola, si servisse in seguito sempre dell' istessa listerella; poichè mutandola, ancorchè combinasse la nuova colla prima nel dare i 30 secondi richiesti per 80 gradi dell' igrometro di Saussure, come poi potrebbe accertarsi dell' accordo per tutti gli altri gradi, se una non serve di norma certa per l' altra?

Ma quanto il dubbio di tali discordanze ed anomalie sembra fondato e sulla ragione, e sull' esperienza pe' corpi di diversa indole e natura, altrettanto pare che debba escludersi pe' corpi della stessa specie. Se dunque ci atterremo, o al solo avorio o alla sola balena, non v' è ragione di credere che le picciole accidentali differenze tra avorio ed avorio, tra osso ed osso di balena indur ne debbano una così notabile, da progredire due di queste affatto discor-

demente nella conducibilità pe' varj gradi d'umido superiori ed inferiori agli 80, quando sono stati ridotti a coincidere esattamente per questo termine medio di naturale umidità. È ben vero che l'esperienza mi ha fatto vedere, che due listerelle di balena, le quali pareano egualissime, e così due d'avorio affatto simili in apparenza, differivano notabilissimamente una dall'altra nella virtù di condurre l'elettricità, tal che conveniva dare a questa assai maggiore lunghezza, o assai maggiore sottigliezza, che a quella, acciò impiegassero ambedue l'istesso tempo a portar via egual dose di elettricità: ma quando finalmente a questa differenza si è rimediato col compenso giusto delle rispettive dimensioni, quando son ridotte le due listerelle della stessa materia al segno, che sì l'una, che l'altra, coll'istessa umidità di 80 gradi, fa cadere i pendolini dell'elettrometro da 10 gradi a 2 in un tempo eguale, cioè di 30 secondi, non si vede perchè non debbano anche per ogn'altro grado di umidità fare gli stessi passi ambedue, e mantenere un perfetto accordo. Del rimanente convenendo che son queste semplici conghietture, mi riservo a deciderne colla sperienza, che non ho ancora abbastanza consultata su tal punto.

Ma dato anche che per niun modo potesse ottenersi un'esatta comparabilità nelle nostre prove elettrico-igrometriche, dovrà dirsi perciò che a nulla esse valgano? E non basta per accordar loro qualche pregio, che ci indichino chiaramente le più

picciole differenze di umidità dell' ambiente, quelle fin anche, che non sono marcabili dal sensibilissimo igrometro a capello? Or egli è così infatti: e basta richiamarci, che per un grado di questo, ed anche meno, le nostre prove ci presentano la differenza di più di un minuto secondo, divisibile facilmente in cinque o sei tempi: basta dire, che da una stanza all' altra, anzi da un angolo all' altro dell' istessa stanza, si nota da noi non di rado la differenza di più secondi: infine, che va la differenza da un secondo a più di 100 per non più di 25 o 30 gradi dell' igrometro di Saussure, dai 98 cioè, o dai 100 ai 75, 73 o 70. In una sì grande estensione pertanto della nostra scala può giudicarsi convenientemente delle differenze nell' umido dell' ambiente, ancorchè manchi quell' esatta comparibilità che pur si desidererebbe.

E giacchè sono venuto a parlare delle differenze d' umido nelle stanze, non voglio lasciar di dire, che in queste prove singolarmente riesce bene il mio processo, quantunque riesca non male eziandio per esplorar l' umido e il secco dell' aria aparta. La ragione è che nelle stanze non suol variare l' umido, che dai 95 ai 75, o al più 70 gradi dell' igrometro di Saussure; entro ai quali limiti l' osso di balena, la penna, l' avorio (siccome ancora la pergamena, la carta ed altri corpi, se di questi uno voglia servirsi) non diventano nè troppo conduttori nè troppo coibenti; onde non è mai che la listerella che si è scelta, e preparata di conveniente lunghezza e

larghezza impieghi nè meno di 2 o 3 secondi, nè più di 50 o 60 per fare cadere i pendolini del mio elettrometro a paglie sottili da 10 gradi a 2. All'aria aperta all' incontro va non di rado l'igrometro a 98 ed anche 100 gradi, termine dell' umidità estrema; nel qual caso la nostra listerella ruba tutta l'elettricità dell' elettrometro in un secondo o meno (supposto che rubi come si richiede, in 30 secondi i soliti 8 gradi, da 10 cioè a 2): il che non è sì facile a farsi con precisione; onde per meglio misurare siffatto umido è d' uopo ricorrere allo spediente più sopra descritto, che è di toccar di fuga replicatamente con essa listerella l' asta dell' elettrometro, e noverarne i colpi.

In quella maniera che all' aria aperta l' igrometro va sovente fino al termine dell' umidità estrema, ciò che non suol fare nelle stanze; discende anche talvolta sotto i 70 gradi, a 65, 60, e, sebben rarissime volte, se pur non s' esponga al sole, anche a meno: pe' quali secchi la listerella semicoibente qualunque sia fa così male l' officio di conduttore, che lascia passare più di 100 e di 200 secondi, prima d' involare all' elettrometro, col toccarne il cappello o l' asta, e starvi al modo solito applicata, l' elettricità dai 10 agli 8 gradi: il che rende, come più d' una volta si è accennato, troppo tediosa l' osservazione.

§. V.

Altra nuova maniera di prove igrometriche coll' istesso elettrometro portatile, allorchè un gran secco rende, o troppo incomode o impraticabili quelle alla maniera già descritta.

Allorquando avviene che tutti, o quasi tutti quei corpi, i quali nello stato ordinario ci si mostrano imperfetti conduttori, o mezzo tra deferenti e coibenti, e che perciò io chiamo semicoibenti, diventino per un secco straordinario quasi coibenti del tutto; nel quale caso le sperienze igrometriche alla maniera sopra descritta riescono, o troppo nojose e incomode, od anche affatto impraticabili; allora convien ricorrere ad altro spediente, per arrivar a conoscere e distinguere i gradi di questa secchezza: ed ecco quello che mi è suggerito, non dipartendomi dal caro mio elettrometro.

Prendo una riga d'avorio, o meglio una striscia di pergamena, larga da uno a due pollici, e lunga otto o dieci (se è di più, tanto meglio); questa strofinata bene con due dita, o altrimenti, con che per ritrovarsi appunto secca, facilmente si elettrizza, la presento al cappello o all'asta dell'elettrometro, senza farvela toccare; e sto osservando e notando per quanto tempo dura in essa striscia l'eccitatavi elettricità, e si fa sentire all'elettrometro; cioè per quanti secondi, presente quella, stanno

aperti i di lui pendolini. Comunemente una buona pergamena monda e netta comincia a far dar segni all'elettrometro nostro, strofinata come s'è detto, ove l'ambiente cui è esposta segni 80 gradi all'igrometro di Saussure; ma questi segni si riducono ad un cenno di aprirsi e scostarsi, o ad una divergenza sibbene di più gradi dei pendolini, ma passeggera e istantanea; per aver anche la quale convien tenere la striscia di pergamena parallela all'asta dell'elettrometro, e distante sol due o tre pollici, nel tempo stesso che si scorre giù rapidamente colle due dita, con cui si stringe e strofina. Se si stropiccia tenendo la più lontana, e si presenta dopo all'elettrometro, anche colla maggiore celerità possibile, non si han segni di elettricità, che già è svanita: essa, dico, è svanita, e non si han segni adoperando così, quando l'ambiente è troppo umido, o lo è anche sol mediocremente, e fin se comincia sotto dell'umidità mezzana a dominare il secco, quando cioè l'igrometro di Saussure segna 80 gradi, oppur solo 75 e 74. Più sotto verso i 72 o 70 gradi comincia l'elettricità della pergamena stropicciata a sostenersi; e quindi a fare star divergenti i pendolini dell'elettrometro qualche secondo; e infine molti secondi, e sempre più a misura che l'igrometro dinota maggiore secchezza.

Non debbo quì tralasciare di dire, che, invece della striscia di pergamena, serve pur anche bene una di carta comune da scrivere; col solo divario, che questa non comincia a dar segno neppure del-

l'elettricità *momentanea*, di quella intendo, che fa alcun poco oscillare i pendolini all'atto stesso che si strofina la striscia davanti l'asta dell'elettrometro, non comincia, dico, a dar segno, se non per un secco, che porti l'igrometro di Saussure verso i 70 gradi; e non comincia poi a dare segni più o meno durevoli, tali cioè, che facciansi sentire ai detti pendolini pel tempo di alcuni secondi, se non varj gradi più sotto, vale a dire per un secco assai più grande, e che mai o quasi mai accade naturalmente. Gli è perciò, e perchè la carta è più soggetta a rompersi, e a guastarsi, che preferisco la pergamena: quale preferisco anche al feltro, al panno, e ad altre stoffe, che possono sibbene servire, ma che son soggette ad alterarsi in più maniere.

Ma sia la pergamena, o qualunque altro semicoibente, che si prescelga per tali sperienze, ecco in queste un altro genere di prove elettrico-igrometriche, di cui valer ci possiamo ne' tempi e luoghi, in cui domina tale secchezza, che male riuscirebbero le prove, o il tedio ci apporterebbero di una lunghissima durata, tenendoci all' altro metodo, che abbiam sopra ampiamente descritto. Il nuovo che or quì proponiamo, e che è riservato ai secchi straordinarj, cominciando da 70 gradi circa dell' igrometro di Saussure, non saprei dire ancora fino a qual segno di secchezza possa giungere: certo è però, che secco naturale non si dà, a cui non giunga, e l'oltrepassi; sicchè può servire eziandio, se non pel massimo secco artificiale, per molti gradi che vi

s' accostano, e che rendono non sol l' osso di balena, la penna, l'avorio, la pergamena, la carta, ma ogn' altro conduttore imperfetto o semicoibente, coibente perfetto.

Ciò basti per ora di questa nuova maniera, che abbiam fatto poco più che indicare; e che a miglior occasione forse spiegheremo più ampiamente, ed estenderemo ad altre applicazioni.

SUL PERIODO

DE' TEMPORALI

E SUL VENTO FREDDISSIMO

ED ISTRAORDINARIAMENTE SECCO

Che si fa sentire molte ore dopo a quelli che scaricarono grandine.



LETTERA

AL SIGNOR P. CONFIGLIACHI

PROFFSSORE DI FISICA SPERIMENTALE
NELL' UNIVERSITA' DI PAVIA

Eccovi, Amico, altre mie osservazioni ed idee intorno alla *Meteorologia elettrica* (1), a cui sono stato condotto, dachè a questa amena parte della fisica particolare, che ancora presenta ubertosa messe a cogliersi, impresi a consacrare le mie ricerche. Quando ferierete dalla cattedra a cui mi succedeste, e meco vicino farete dimora sulle belle sponde del nostro Lario all' ombra della vostra deliziosa *Succota* che in esso si specchia, meglio d' ogn' altro potrete osservare ciò ch' io vidi ed ora vi scrivo, e confermare così le conseguenze che da quelle osservazioni ho più volte derivato.

(1) La presente lettera estratta dal Tomo 10 pag. 17 del Giornale di Fisica, Chimica, Storia Naturale, Medicina ed Arti deve riguardarsi come una continuazione delle 10 *sulla Meteorologia elettrica* già riportate in questo Tomo. Le prime 9 sono dirette da Volta al defunto chiarissimo Fisico Lichtenberg Professore a Gottinga; la decima poi è quella *sulla formazione della grandine*.

Alcuni siutomi de' Temporali, e specialmente la formazione e sospensione della grandine per tutto quel tempo, che è necessario all' ingrossamento sovente cotanto considerabile de' suoi grani, furono il soggetto di altri miei discorsi. Ora su d'altri sintomi ed effetti susseguenti ai medesimi temporali, e specialmente d'uno mi propongo di trattenervi, che darà luogo allo sviluppo di molte nuove idee.

Questo sintoma invero mirabile, se vi si riflette, è un certo periodo giornaliero e locale, che affettano i temporali: e voglio indicare con ciò quella tendenza che hanno a ricomparire molti giorni di seguito, circa le ore medesime, e, che più è, nel luogo preciso ove son comparsi da prima. Bisogna abitare un paese di montagne, singolarmente nelle vicinanze dei Laghi, com' è quello ove noi passiamo per lo più l' estate, ove i temporali sono frequentissimi per tutto il corso della primavera e dell' estate, e quasi quotidiani il mese di Giugno e una parte di Luglio, bisogna, dico, abitare Como, e i contorni del Lario e del Verbano, Varese, Lugano, Lecco, e tutto il monte di Brianza, Bergamo ec. per convincersi di cotal periodo, e fissazione dirò così de' temporali a tal luogo o a tal altro, a questa o a quella valle, o gola di montagne. Fate che jeri si sia sollevato circa le ore del mezzodì un temporale dal fondo di una certa valle, o là in quella gola, e che poi svanito con o senza scrosci di pioggia sia ricomparso in sulla sera il bel sereno, il qual duri ancora questa mattina. Ad onta di una sì bella apparenza aspettatevi

pure verso le stesse ore del mezzodì o poco dopo de' nuvoloni scuri manifestamente temporaleschi, che formeransi, e sorgeranno là entro l'istessa valle o gola, e o rimanendo ivi confinati, od anche fuora uscendo, ecciteranno una tempesta come il giorno precedente. Lo stesso avverrà presso a poco domani, e ne' giorni seguenti: sempre nasceranno le nubi temporalesche verso l' ora notata, e avran sede nell' indicata valle piuttosto che in altre; fino a che non sopraggiunga qualche vento, o altro cambiamento considerabile nell' atmosfera; il quale turbi quella qualunque siasi disposizione a riprodurre i temporali.

Nè già si creda, che cotal disposizione sia locale, in quanto che quella valle o gola di monti abbia per se stessa maggior attitudine a dar nascita, e ricetto ai temporali; giacchè da qui a pochi giorni forse, intavolandosi un' altra serie similmente periodica di temporali, non sarà più questa, ma un' altra valle (forse una delle vicine, e forse l'opposta) la culla e il campo ove sorgeranno le altre nubi temporalesche. Bisogna dunque ripetere la causa della novella formazione de' temporali nel luogo marcato, più che dalla costituzione locale qual è la posizione delle montagne ec., da una modificazione indotta nell' aria soprastante dal temporale del giorno precedente: la quale modificazione durevole anche dopo il rasserenamento, e dopo un giorno intiero, cercheremo tra poco qual sia.

Io non so se altri Fisici abbiano osservato, e descritto siffatto ritorno periodico e locale dei tem-

porali, ossia cotai temporali parziali ne' luoghi massimamente circondati da più vallate. Quel che posso dire è, che nulla ho appreso da loro sopra quest'articolo, ma tutto dalle mie proprie osservazioni. Confesserò dunque, che allorquando cominciai, son già molti anni, a rimarcare un tal fenomeno, non ne rimasi da prima tanto colpito, quanto lo fui in seguito, che osservandolo più attentamente, lo trovai molto più costante di quello mi era parso al principio. E quante volte e in quante maniere non mi son io tormentato, ma sempre in vano, per ritrovarne una spiegazione soddisfacente? Fingea p. e. il ritorno periodico di un vento particolare, o di più venti nel luogo indicato: ma che faceva io ancora con ciò, se non supporre un altro effetto modificato esso pure periodicamente, per causa dei temporali periodici? Sarebbe stato mestieri trovare una ragione di questo vento locale, o stuolo di venti di tal natura, e che arriva appunto in quel dato tempo: oltrechè restava ancora a spiegarsi (cosa ben difficile) come si comportasse, e agisse questo vento, o stuolo di venti supposto, per formar di nuovo e raccogliere nell' indicato luogo le nubi temporalesche.

Non è dunque, che dopo aver unito, grazie alle novelle scoperte in fatto di elettricità atmosferica, un più gran numero di cognizioni, e particolarmente da che, avendo portato in questi ultimi anni tutta la mia attenzione alla Meteorologia elettrica, ho meditato di nuovo sopra questo fenomeno non men curioso che interessante del ritorno periodico dei

temporali a quel luogo che han cominciato ad occupare; non è, dico, se non dopo tali scoperte e meditazioni, che mi credo abbastanza ammaestrato per ardire di avanzarne una spiegazione.

Vedendosi comparire, e uscir fuora dopo ristabilito il bel sereno un nuovo temporale, colà precisamente, dove sorse ed ebbe sua principal sede il giorno precedente, concludere ne dobbiamo, che un temporale, tuttochè disciolto e terminato intieramente, lascia indietro qualche cosa, cioè una modificazione e disposizione particolare a quella colonna d' aria in cui campeggiò: modificazione, che diviene fondo, eccitamento, e, se si può dire, germe di un nuovo temporale. Ma quale mai può essere codesta modificazione? Non se ne può concepire altra, fuorchè una di queste due, od uno stato elettrico particolare e permanente di essa colonna d' aria, od un cambiamento considerabile ed egualmente durevole della sua temperatura. Or io penso, che e l' uno e l' altro abbia luogo, e concorrano alla produzione del fenomeno di cui si tratta.

E primieramente riguardo allo stato elettrico, lasciando per ora, che le osservazioni mie coll' elettroscopio atmosferico sembrano almeno confermare l' idea, che io mi son fatta di un' elettricità straordinaria affissa all' aria, che fu campo di battaglia di un temporale, avendo ordinariamente trovato i segni dell' elettricità dell' aria sebben serena considerabilmente più forti ne' giorni che succedevano ai temporali stati perpendicolari o quasi nel luogo dell' osservazione, lasciando dico, tali osservazioni,

che non sono ancora nè in sì gran numero, nè sì decise come vorrei (1), la sola riflessione bastar potrebbe a persuadercene. È facile di concepire infatti, che quella colonna d' aria, cui ha attraversato la pioggia temporalesca, ed ha dovuto elettrizzare, tanto per la comunicazione di quella forte elettricità, onde ogni pioggia di questa sorte è animata, quanto per la produzione di una nuova elettricità dovuta alla caduta impetuosa della medesima, giusta la scoperta del Sig. Tralles della vigorosa elettricità eccitata dalle forti e copiose cascate d' acqua, sulla quale scoperta e su di alcune applicazioni alla Meteorologia elettrica scrissi e vi parlai altre volte, è facile, dico, il concepire, che codesta colonna d' aria battuta dal temporale e dalla pioggia possa ritenere per lo spazio di un giorno intiero ed anche più tal forza di elettricità, onde attrarre i vapori sparsi, e caricarsene a preferenza delle altre colonne circonvicine, in cui l' elettricità non è che l' ordinaria di ciel sereno, epperò assai più debole. Aggiungasi a ciò, che il terreno bagnato dalla detta pioggia del temporale precedente deve pur somministrare, quando il sole del mezzodì verrà a riscaldarlo bene, all' istessa colonna d' aria che gli sta sopra, dei vapori in maggior copia, che alle altre colonne. Ecco pertanto un fondo ricco, ecco la sorgente di una nuova elettricità assai forte, che sarà infallibilmente

---

(a) Ved. la nota del P. Configliachi posta in fine di questa lettera.

prodotta (giusta la mia teoria altre volte esposta ed oggigiorno comunemente abbracciata sull' origine dell' elettricità atmosferica), allorchè codesti vapori fin qui elastici e trasparenti raccolti nella colonna d' aria che stiam considerando, e ammassati oltre il termine di sua saturazione, si trasformeranno quinci in vapori vescicolari, in nebbie, o nuvoli; e questi tanto più densi, quanto che non cessano, per le ora addotte ragioni, di sopravvenire altri ed altri vapori ed accumularsi nel medesimo spazio, e che un' altra causa concorre potentemente alla loro condensazione.

Questa causa è la temperatura straordinariamente fredda, che ha dovuto contrarre l' anzidetta colonna d' aria, seconda delle cagioni da me assegnate pel ritorno de' temporali al luogo marcato. E realmente tutta questa colonna d' aria debbe trovarsi oggi ancora molto raffreddata, in conseguenza del temporale di jeri, soprattutto all' altezza, ove le nubi temporalesche eran sospese e passeggiavano. Queste nubi ghiacciate, o quasi ghiacciate, alcune delle quali zeppe di grandine bella e formata, o vicina a formarsi, han dovuto lasciare presso a poco la medesima temperatura, fredda cioè egualmente o quasi, allo strato d' aria, che occuparon lungo tempo, e che si trova per ciò molto più disposto, che gli altri strati e colonne a condensare in forma di dense nubi e scure i nuovi vapori, che incessantemente vi confluiscono, come poco innanzi spiegavamo.

Ecco come nasce il primo nuvolone nel sito in-

dicato, rimanendo il resto dell' orizzonte pur anche sereno; nuvolone, che diviene di più in più fosco e nero a vista d' occhio, mercè di una nuova collezione e condensazione di vapori. Ecco il temporale già nato e cominciato, il qual crescendo, e divenendo adulto potrà menare strepito, senza quasi sortire dalla valle ove ebbe nascimento e culla, come ha fatto per avventura il temporale del giorno precedente, oppure distendersi fuori di essa e ingombrare molta parte di cielo, secondo le circostanze.

E qui farò osservare che talvolta, anzi non di rado, compajono soltanto nel luogo indicato i primi indizj di temporale, qualche nuvolone scuro cioè, qualche lampo e tuono, e questi neppur sempre; indi tutto si discioglie e svanisce. Ciò però basta per comprovarci che ivi è rimasta quella disposizione a riprodurre i temporali, di cui parliamo: chechè ne sia poi, che la minaccia del temporale, anzi esso già in qualche modo incominciato si dilegui per qualche causa accidentale soppravvenuta, p. e. di qualche vento irregolare, od altro. Le varie circostanze dunque, e assolutamente incalcolabili, possono o tener confinato il temporale nella valle ove è nato, o trarnelo fuori ed ampliarlo più o meno, o dissiparlo non anco ben formato; ma resta sempre nel luogo ove è sorto un temporale una manifesta tendenza a formarsene il giorno appresso un nuovo, vuo' dire da quell' istessa parte, entro a quell' istessa valle o gola di montagne: ivi par che vi sia un tale strato d' aria, che diventi vo-

lentieri centro o base d'altro temporale; e sì veramente v'è: ed io lo ravviso in quella colonna e strato, in cui è rimasta stampata dirò così l'elettricità del temporale precedente, e più di tutto la glaciale sua freddezza.

Per dire del qual raffreddamento d'aria ancora qualche cosa, produrrò un altro sintomo osservabilissimo dei temporali, ossia un effetto che siegue dappresso alcuni; il qual fenomeno più che altra cosa serve a dimostrarci che tale raffreddamento durevole di quello strato d'aria, che è stato il campo di battaglia d'un forte temporale, non è meramente supposto, ma reale. Quante volte non proviamo noi, anche nel cuor dell'estate, dopo uno di cotesti temporali, singolarmente se è succeduta scarica di grandine, un fresco eccessivo portato da un vento, che soffia dalla piaga medesima, ove ha infierito il temporale? E a quanta ampiezza non si estende sovente cotal vento, e cotal freddo; e quanto non durano? Certamente non si può attribuire tutto questo effetto ad una semplice comunicazione fatta all'aria ambiente del freddo della grandine caduta, la quale è talvolta in quantità non molto grande, e altronde non dura sì lungo tempo sulla terra, ed è già tutta fusa, che il vento gelato continua ancora. Bisogna dunque, che quest'eccesso di freddo venga d'altronde; e d'onde può mai immaginarsi che venga, se non da quello strato superiore d'aria, in cui si è formato il temporale, e che è stato grandemente raffreddato dal medesimo, specialmente

dalle nuvole grandinose, che vi rimasero lunga pezza sospese ec.?

Fa bisogno, a vero dire, per dar materia a un vento così freddo, e di cotanta durata, che spesso soffia più giorni, di una gran massa d'aria raffreddata prodigiosamente, e per così dire ghiacciata. Ciò però non mi spaventa; giacchè io non credo di passare i limiti d'una supposizione ragionevole, col tenere che un temporale, il quale abbia versato della grandine in abbondanza, abbia potuto altresì raffreddare fino al punto della congelazione, o lì presso, un volume d'aria di più milioni di tese cubiche, anzi di più centinaja e migliaja di milioni. Vidi in uno degli scorsi anni un temporale a Como, che coprì di alta grandine ben 600 miglia quadrati di paese, o 2500 milioni di tese quadrate; cosicchè dando alle nubi temporalesche per tutta questa estensione niente più di 10 tese di grossezza, avremmo 25 mila milioni di tese cubiche d'aria occupata da sì sterminato temporale. Ma nostro soggetto sono non i temporali cotanto ampj ed universali, bensì i parziali, molto meno estesi cioè, e che son confinati es. gr. entro una valle, o almeno non occupano che una parte dell'orizzonte, e i quali lasciano a questa parte medesima, a quella colonna e strato d'aria, che è stata particolare loro sede, una disposizione singolare, onde vi si riproducano de' nuovi temporali. Or bene la massa d'aria da essi occupata in vece di 25 mila milioni calcoliamola di 1000 o di 500 milioni solamente di tese

cubiche; e non sarà ancora ciò abbastanza, ove tutta questa massa d'aria sia stata fortemente raffreddata, per mantenere il vento fresco, che siegue quasi sempre ai temporali, a quelli segnatamente che hanno scaricata grandine, e che dura assai lungo tempo dopo?

Del resto non è difficile il comprendere in qual maniera un tal vento è prodotto, passato il temporale, qualche volta immediatamente dopo, ma più sovente alcune ore appresso, o il giorno seguente. Basta riflettere, che la massa d'aria, la quale è stata la sede del temporale, e ne ha concepito un freddo straordinario, come si è detto, si è condensata in proporzione: or se tale condensazione operata dal freddo arriva al segno, che, malgrado la minore pressione atmosferica che sopporta, sia resa specificamente più pesante degli strati inferiori vicini a terra (ciò che può benissimo succedere, e conviene che infatti succeda allorchè si è formata della grandine freddissima e in abbondanza), allora questa massa o porzione di colonna d'aria discende, e discendendo comincia a spingere lateralmente tutt'intorno l'aria vicina alla terra, sì che è obbligata a prendere un moto orizzontale: tosto l'aria fredda medesima che calò giù prende a seguire questa medesima direzione, a misura che acquistando essa un poco di calore si dilata. Ecco ciò che fa nascere, e mantiene la corrente d'aria, il vento freschissimo, di cui si tratta; il qual vento sarebbe molto più freddo ancora, e toccherebbe, e oltrepasserebbe il termine della congelazione, ben anche nel cuor dell'e-

state, se non fosse ch' ei si riscalda quaggiù di tanto, quanto leva di calore a questa umile regione, cui riduce non che ad un fresco, ad un freddo talvolta incomodo.

Ma d' onde viene, che questo vento non comincia quasi mai a spirare immediatamente dopo la scarica della grandine, e neppur tosto finito il temporale, e che non di rado tarda un giorno? Senza parlare di molte cagioni straniere e accidentali, che possono mescolarvisi, una ne scopro, o almen parmi di vederla, che trovasi legata col temporale medesimo; ed ecco qual è: subito dopo la pioggia temporalesca o la grandine, la parte inferiore della colonna d' aria è anch' essa considerabilmente raffreddata, e condensata, di maniera che lo strato superiore quantunque più freddo, non lo è di moltissimo, e quindi non ha quella densità, quell' eccesso di gravità specifica, che gli è necessario per precipitare al basso, e sloggiarne l' aria inferiore: il che ha luogo solamente molte ore dopo, allorchè l' aria in vicinanza della terra, e massime coll' azione del nuovo sole, si è riscaldata e rarefatta sufficientemente, mentre lo strato superiore conserva in un colla sua rigidissima temperatura quella densità straordinaria, che lo rende malgrado la minor pressione che soffre da una colonna atmosferica tanto più corta, vieppiù denso e pesante degli strati inferiori vicini a terra.

L' osservazione seguente è al sommo favorevole a questa mia idea, che il vento freddo, il quale soffia dal luogo ove più ha dominato il temporale e

massime allorchè si è sciolto in grandine, non è già formato di alcun' aria della bassa regione, bensì di una gran massa della medesima, che scende dalla regione superiore. Questo vento è d'ordinario secchissimo, soprattutto in seguito alla grandine. Ho veduto una volta l'Igrometro a capello del Sig. di Saussure, segnare per uno di questi venti succeduti a un temporale con grandine 50 gradi, e più altre volte 60 e 65; quando, eccettuato che spirino certe tramontane, è ben raro che il medesimo Igrometro segni meno di 70 gradi di umido, e per lo più sta sopra gli 80. Ora non si può concepire come dovesse esser tanto secco nn tal vento, quando fosse formato dallo strato d'aria vicino alla terra appunto bagnata dianzi dal temporale: dovrebbe essere al contrario molto umido, tanto più che il freddo ridurrebbe quell' aria sempre più vicina al termine di *saturazione*.

Ma nella supposizione, che il vento di cui si tratta sia prodotto, com'io credo, da una massa d'aria, che si lascia giù dall'alto, e indi spargesi da tutti i lati orizzontalmente, non v'è più difficoltà a concepire che debba essere straordinariamente secco, e il tutto cammina a meraviglia, dachè imparato abbiamo dalle osservazioni di De Luc, di Saussure, e di altri, che l'aria all'alto trovasi per lo più molto secca: or essendo eziandio, come si sa, molto più fredda che al basso, non può a meno scendendo ed avvicinandosi alla terra, di divenire a misura che si riscalda, sensibilmente più secca, quando però non riceva una troppo grande quantità di vapori

dalla terra umida: il che non ha luogo allorchè formando una corrente sufficientemente rapida, come nel nostro caso, si rinnova tal' aria prontamente, sopravvenendone di continuo dall' alto.

Quantunque siano principalmente i temporali, che versan grandine in copia, quelli, che raffreddano a un sì alto segno lo strato d' aria da essi occupato, e dan luogo con ciò a quella colonna discendente, che si ripiega sulla terra, forma, e mantiene il vento freschissimo qui sopra descritto; è nulla di meno facile il concepire, che la medesima cosa può succedere anche per altri temporali senza gragnuola, le nubi dei quali però, come credo che avvenga sempre o quasi sempre, sono andate vicino al termine della congelazione, e l' hanno fors' anco toccato, ed han formato i primi embrioni della grandine, o de' piccoli grani, i quali non son giunti fino a terra in questa forma, per essere stati fusi durante la loro caduta.

Che se lo strato d' aria, in cui stettero sospese le nubi temporalesche non ha sofferto un raffreddamento abbastanza grande per divenire specificamente più grave dell' aria della bassa regione; oppure altre cause si oppongano alla discesa di tal massa di aria comunque raffreddata molto, il vento di cui si tratta, vuo' dire quel vento freddissimo, straordinariamente secco, e più o men durevole, che viene in seguito ai temporali massime grandinosi, de' quali poco fa parlavamo, e che parte, come da centro, dal luogo ove più ha dominato, tal vento, dico, non succederà (chechè sia di qualche altro vento

locale e passeggiero, al quale l'istesso temporale può dar moto in altra maniera, e di cui ora non cerco). Allora quella massa d'aria fortemente raffreddata, e se non gelata poco meno, rimanendo a suo luogo in alto, eccola fatta centro di condensazione dei vapori, che il sole alzerà da terra l'indomani, soprattutto verso le ore del mezzodì: ecco il germe, e la base del nuovo temporale, che va a formarvisi, e di molti altri, che si succederanno periodicamente o proveranno di formarsi molti giorni di seguito, in questo stesso campo di battaglia, come ho di sopra spiegato.

In conferma di che mi giova il farvi osservare, che un tal ritorno ossia riproduzione de' temporali al medesimo luogo è molto più probabile che siegua allorchè al temporale succede la calma, talchè il vento freddo e continuo, di cui parlavamo, non abbia luogo, senza dubbio perchè la massa d'aria raffreddata restando allora tutt'intera e immobile colà alto dov'era, ritiene meglio, e più lungo tempo tanto l'elettrico, di cui venne impregnata, quanto il freddo occasionato dal temporale precedente: che sono le due cause da me fin da principio assegnate del riprodursi i temporali, e dell'affettare che fanno il medesimo sito, cioè quello battuto il giorno prima. Egli non è raro di vedere per una serie di giorni sorger sempre un temporale, presso a poco all'ora medesima, e sempre dalla stessa parte, nella stessa valle segnata; fintantochè non fanno grande strepito tali temporali almen di grandine, e finchè non vien loro dietro il sopraddescritto vento fred-

dissimo, o almeno non è questo durevole; che poi sfogando un giorno il temporale con più fracasso di fredda pioggia dirotta, e massime di grandine, e venendo appresso a tale scarica il menzionato vento, che prende possesso il giorno dopo, è sciolta per un pezzo (Dio voglia con poco danno delle campagne sottoposte) quella triste catena di temporali periodici.

Intorno al qual periodo non mi resta più che a dirvi una parola rapporto all'ora, che sembrano tener fissa questi quotidiani temporali; dirò dunque, che non è già fissa e costante con precisione, e che in generale solamente pare, che si combinino a comparire tai temporali verso il mezzodì, o poco dopo; del che è facile a comprendersi la ragione, considerando che debba accadere in quelle ore appunto più calde anzichè in altre, nelle quali i vapori elevati dal sole arrivano a sufficiente altezza, e in copia abbastanza grande per formare i nuvoli tempestosi (*a*).

(*a*) Ammaestrato da queste riflessioni del nostro Volta non lasciai andar perdute le favorevoli occasioni per instituire esperienze ed osservazioni ad esse analoghe, ed allora principalmente che dimorava per più giorni d'estate sulla cima de' nostri monti che fiancheggiano il Lario ed il Ceresio. Posso perciò accertare i fisici, che la tensione elettrica dell'atmosfera ne' dì sereni in que' luoghi, dove nel giorno antecedente si fissò un nembo tempestoso, è molto più gagliarda dell'ordinario. Vidi più volte le pagliette o pendolini del nostro Elettrometro atmosferico andar a battere le pareti dello strumento senza che ad esso vi fosse aggiunto

il lume o zolfanello acceso, e durevoli più volte vi osservai per molti minuti i segni elettrici: fenomeni che non si scorgono ordinariamente negli altri giorni sereni, ne' quali *debolissima* è la tensione elettrica, e non mai *permanente* negli elettrometri, nei quali è semplicemente *indotta* o di *pressione*. Pel fortissimo stato elettrico dell' atmosfera che esperimentai in un giorno sereno, che era stato preceduto da gagliardo temporale, trovandomi sulla vetta del monte *Generoso* predissi una vicina tempesta, e fui fatalmente indovino, mentre nel dopo pranzo di quel dì discendendo dal monte potei a stento co' miei compagni poco prima increduli ripararmi in una capanna a mezzo il cammino dalla grandine che cadde in gran copia.

Per ciò poi che riguarda la fredda e permanente temperatura nelle colonne d' aria, che furono la sede del temporale, non occorre l' aggiungervi altre prove. Tutti i viaggiatori dei monti esperimentano spessissimo questo fenomeno, passando solamente da una valle ad un' altra, sebben di poco fra loro discoste. Solo dirò in conferma del *periodo* dal Volta osservato, che nel 1814 la valle sopra *Lemna* e *Molina*, terre poco lontane dalla *Pliniana*, valle che stendesi con altre a formare il piano rinomato del *Tuvano* o *Tivano*, per quattordici giorni consecutivi fu la culla di altrettanti temporali: dal suo seno ogni giorno, e presso che alla stessa ora dopo il mezzodì sorgeva il primo nuvolo, che di poco dilatato stendevasi all' intorno del sito natale, per dileguarsi in breve tempo dopo pochi scrosci di tnono, e di pioggia. Che se dai monti della opposta valle d' *Intelvio* non si fosse sollevata una più forte tempesta, la quale fu poi seguita da impetuoso vento che dissipò quell' incantesimo, il *periodo de' temporali* da me osservato avrebbe probabilmente durato più a lungo. (C.)

Fine della Parte II. e del Tomo I.



INDICE

DELLE MATERIE CONTENUTE IN QUESTA PARTE SECONDA DEL TOMO PRIMO



Fig. I.

